



HAL
open science

L'énergie géothermique : représentations, enseignements et contextes aux Antilles et dans la zone caraïbe

Claire Anjou

► **To cite this version:**

Claire Anjou. L'énergie géothermique : représentations, enseignements et contextes aux Antilles et dans la zone caraïbe. Education. Université des Antilles, 2018. Français. NNT : . tel-02048431

HAL Id: tel-02048431

<https://hal.science/tel-02048431>

Submitted on 25 Feb 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Université des Antilles

École Doctorale n°588

Milieu insulaire tropical : Dynamiques de développement, Sociétés, Patrimoine et Culture dans l'espace Caraïbes-Amériques

DS 6 Sciences humaines et humanités

École Supérieure du Professorat et de l'Éducation

Thèse pour le doctorat en Sciences de l'Éducation

Claire ANJOU

L'énergie géothermique : représentations, enseignements et contextes aux Antilles et dans la zone caraïbe

Sous la direction de : Antoine DELCROIX

Co-encadrée par : Thomas FORISSIER

Soutenue le 11 décembre 2018

Rapporteurs et examinateurs :

- **Frédéric FOURNIER**, Professeur des universités, EREST, Département de didactique, Université du Québec à Montréal, Canada.
- **Denise ORANGE-RAVACHOL**, Professeur des universités, Théodile-CIREL, Université de Lille 3, France.

Examineurs :

- **Nathalie PANISSAL**, Professeur des universités, EFTS, École Nationale Supérieure de Formation de l'Enseignement Agricole de Toulouse-Auzeville, France.
- **Antoine DELCROIX**, Professeur des universités, Centre de Recherches et de Ressources en Éducation et Formation, Université des Antilles, France.
- **Thomas FORISSIER**, Maître de conférences, Centre de Recherches et de Ressources en Éducation et Formation, Université des Antilles, France.
- **Yves MAZABRAUD**, Maître de conférences, Géosciences Montpellier, Université des Antilles, France.

Remerciements

Mes sincères remerciements vont d'abord à mes encadrants : à Thomas Forissier mon co-directeur, pour m'avoir encadrée tout au long de cette thèse et pour les nombreux encouragements qu'il m'a prodigués, et à Antoine Delcroix, mon directeur, pour sa disponibilité, sa rigueur scientifique, et ses longues heures passées à relire mon travail alors qu'il était encore en construction. Je remercie également Yves Mazabraud, pour m'avoir permis de réaliser cette thèse ainsi que l'ensemble du projet GEOTREF, le PIA (Plan Investissement d'Avenir) et l'ADEME pour leur soutien financier.

Mes remerciements s'adressent ensuite à l'ensemble des personnes qui m'ont permis d'élaborer mon recueil de données : les 1 350 élèves de Guadeloupe, Martinique et Dominique, et leurs instituteurs et proviseurs, mais aussi les étudiants de Guadeloupe et du Québec ayant accepté de participer à l'expérimentation, ainsi que leurs enseignants. Merci également à Quentin Raynaud, de m'avoir assistée pour le traitement d'une partie des données.

Il m'est impossible d'oublier de remercier tous les chercheurs qui ont accepté de m'aider. Merci à Jacqueline Bourdeau, chercheur au LICEF (TELUQ) et Roger Nkambou chercheur au GDAC (UQAM) pour leur accompagnement, pour leur participation à la rédaction d'articles et pour leur accueil chaleureux lors de mon séjour à Montréal. Merci également à Jasmin Raymond et Michel Malo, chercheurs à l'INRS, pour leur collaboration lors de mon séjour à Québec. Je tiens aussi à remercier Yannick Skelling pour son aide à l'utilisation de logiciels pour les différentes analyses statistiques.

Je souhaite également remercier mes collègues doctorantes et doctorants ainsi que les membres du CRREF avec qui j'ai partagé ces trois années de thèse et qui m'ont accompagnée dans les diverses activités et événements de la vie de doctorante.

J'exprime toute ma gratitude à Denise Orange-Ravachol, Nathalie Panissal et Frédéric Fournier pour avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse.

Enfin, mes derniers remerciements s'adressent à Adrien, mon compagnon, qui m'a épaulée pendant tout ce temps, à sa mère Brigitte, pour ses relectures, et à mes parents Elaheh et Jean-Michel pour n'avoir jamais douté de mes ambitions et pour m'avoir toujours écoutée dans les bonnes comme dans les moins bonnes passes de ce projet.

Résumé

L'énergie géothermique possède un fort potentiel aux Antilles et dans la zone caraïbe. Le contexte géologique et géodynamique de ces îles leur confère une forte activité hydrothermale propice au développement de l'énergie issue de la chaleur du globe. Par ailleurs, leur situation économique, les rendant énergétiquement dépendantes des importations, génère un certain engouement des politiques locales en faveur du développement de cette énergie renouvelable. En Guadeloupe, l'essor de la géothermie et les ambitions politiques et culturelles liées à cette ressource donnent progressivement naissance à une industrialisation, générant des emplois dans ce secteur d'activité. Ce développement révèle la nécessité de former des professionnels et de mettre en place une éducation à cette discipline. L'objectif de nos travaux est d'identifier des pistes de réponse quant à la question de l'éducation à la géothermie en Guadeloupe et d'apporter des connaissances dans ce domaine de recherche.

Lors d'une première phase, une étude a été réalisée afin de connaître les conceptions d'élèves sur la géothermie dans trois îles des Antilles, en Guadeloupe, en Martinique et en Dominique. Cette étude révèle que les conceptions dans ces trois îles sont très différentes. En Guadeloupe, les élèves associent la géothermie à son aspect industriel et au volcanisme, et possèdent une opinion plutôt positive de cette énergie. En Martinique, les élèves assimilent la géothermie à une énergie renouvelable positive pour l'environnement. Enfin, en Dominique, les conceptions sont plutôt portées vers l'aspect utilitaire de la ressource et les élèves en ont une opinion favorable pour le développement économique de l'île, mais craignent un impact néfaste pour l'environnement et pour la sécurité. Cette étude montre la contextualité des conceptions que possèdent les élèves de cette énergie. Les conceptions sont fortement conditionnées par le contexte géologique, politique, socioéconomique ou encore culturel et local. Il paraît donc légitime de s'interroger sur l'efficacité d'un enseignement prenant en compte les contextes et les conceptions. En effet, la contextualisation de l'enseignement peut se faire par la prise en compte de l'environnement des apprenants mais aussi par la prise en compte de leurs conceptions.

Lors d'une deuxième phase, une expérimentation a été mise en place, avec pour objectif de réaliser un enseignement de la géothermie, où l'environnement et les conceptions sont au centre de la pédagogie. L'approche utilisée consiste en une démarche d'investigation en contexte, couplée à un travail collaboratif entre étudiants vivant dans des lieux où les géothermies sont très différentes : la Guadeloupe et le Québec. Cette expérimentation est basée sur un calcul préalable d'écarts de contextes géothermiques entre les deux régions. Ces calculs se font grâce à une modélisation des contextes géothermiques guadeloupéen et québécois et permettent de fournir des pistes aux enseignants pour la création de scénarios pédagogiques facilitant l'émergence d'effets de contextes. Les effets de contextes sont des phénomènes qui apparaissent lors de confrontations entre des conceptions différentes d'apprenants. Ils leur permettent de se rendre compte de la contextualité de leurs conceptions et ainsi de partager et acquérir des conceptions ouvertes et des connaissances diversifiées sur le sujet étudié. Ils se traduisent bien souvent par des changements d'états émotionnels chez les apprenants, descriptibles par les analyses verbales, para-verbales et non verbales. L'étude met également en exergue l'existence de changements conceptuels chez les apprenants lors de l'expérimentation, synonymes d'apprentissages.

La recherche permet finalement de questionner les relations entre contextes internes et externes à différentes échelles spatiales. En effets, les différences qui existent dans les conceptions d'apprenants sur le sujet de la géothermie sont identifiées à l'échelle intercontinentale (entre le Québec et la Guadeloupe), à l'échelle de l'arc antillais (entre la Guadeloupe, la Martinique et la Dominique), et également à l'échelle du territoire (entre les zones proches de la centrale de Bouillante et les autres zones de Guadeloupe). Les analyses effectuées permettent également de mettre en évidence des conceptions partagées ou communes au sein de populations, questionnant les relations entre conceptions et représentations sociales. De plus, l'analyse des effets de contextes permet de redéfinir ces phénomènes didactiques par une description de leur genèse, de leur émergence et de leur impact lors d'interactions. Les effets de contextes, bien que décrits selon les résultats de l'expérimentation, comme survenant lors de décalages entre contextes internes et externes, ou entre deux contextes internes, semblent parfois être issus de processus plus complexes intégrant d'autres facteurs.

Enfin, l'éducation à la géothermie en contexte guadeloupéen nécessite d'être élaborée en tenant compte des conceptions préalables des apprenants, mais également du contexte local du territoire afin de bien ancrer les connaissances sur la géothermie. Elle peut aussi être confrontée à d'autres contextes afin de permettre l'acquisition de connaissances plus globales de la géothermie mais aussi plus expertes. Les effets de contextes, bien présents en Guadeloupe, peuvent être un support à la création de pédagogies innovantes, permettant l'apparition de processus cognitifs favorisant l'acquisition des connaissances.

Abstract

Geothermal energy has a vast potential in the West Indies' islands. The geological composition and the geodynamical properties of the islands lead to a strong presence of hydrothermal activity, offering a favorable potential for the development of geothermal industry. In addition, the economic situation of these islands makes them dependent on energy imports; this is why local politicians show an interest toward the development of this renewable energy. In Guadeloupe, natural geological wealth as well as political and cultural ambitions linked to this source of energy gradually give rise to a geothermal market that requires specialized workforce in this field. The aforementioned interrogates the need of professional training and the integration of this subject into the educational system. The purpose of this study is to contribute new insights to the relations between geothermy and society and to shed light on solutions in the realm of geothermal education in Guadeloupe.

An initial study was conducted in three islands of the West Indies: Guadeloupe, Martinique and Dominica, in order to know students' conceptions about geothermy. This study reveals that students' conceptions about geothermy are very different between these three islands. In Guadeloupe, students associate geothermal energy with its industrial aspect as well as with volcanism and have a positive opinion of this energy. In Martinique, students link geothermal energy with its renewable trait, which is positive for the environment. In Dominica, the conceptions are oriented on the practical aspect of the resource and students have a positive opinion of it because of its impact on the economic development but they also fear a negative impact for the environment and safety. This study demonstrates the contextuality of conceptions about this energy. The conceptions are strongly conditioned by the geological, political, socioeconomic and cultural local context. Therefore, it seems valid to interrogate the effectiveness of a teaching that would take into account both contexts and conceptions. In fact, the contextualization of teaching practices could be done by taking into account learners' environment and conceptions.

In a second phase, an experiment was set-up aiming to propose a pedagogy built around the environment and the diverse conceptions. The approach consisted of an investigation of the context associated with a collaborative work between students who are living in places where geothermal energy is very different: Guadeloupe and Quebec. This experiment is based on a preliminary calculation of differences between the geothermal contexts in those two regions. The calculation is done through a modeling of geothermal contexts in Guadeloupe and Quebec and provides the teachers suggestions for creating pedagogical scenarios facilitating the emergence of context effects. Context effects are phenomena that appear during confrontations between learners' different conceptions. They allow the learners to realize the contextuality of their own conceptions and therefore to share and acquire open conceptions and diversified knowledge. They often result into changes in students' emotional states and can be observed through verbal, para-verbal and non-verbal analysis. This study also highlights the existence of learners' conceptual changes before and after the experiment associated with their learning process.

The research finally raises interrogations on the relations between internal and external contexts at different spatial scales. In fact, the differences in the learners' conceptions about geothermal energy are identified at intercontinental scale (between Quebec and Guadeloupe), at the West Indies arc scale (between Guadeloupe, Martinique and Dominica) and at a local scale (between the zones

Bouillante plant area and the rest of Guadeloupe). The analyses also enable to highlight common conceptions inside a population, questioning the relations between conceptions and social representations. In addition, the analysis of context effects allows redefining these didactic phenomena by describing their genesis, their emergence and their impact on learners and learning process during interactions. Although the context effects, described as being created by an offset between internal context and the external context or between two internal contexts, sometimes they seem to be coming from much more complex processes involving more than two contexts.

To conclude, geothermal education in a Guadeloupian context needs to be designed by taking into account not only learners' prior conceptions, but also their local context in order to anchor knowledge on geothermal energy and facilitate learning. It can also be confronted with other contexts so the students can acquire more global and more expert knowledge about geothermy. The context effects, which are very present in Guadeloupe, can be a support for the creation of innovative pedagogies which will improve the rise of cognitive processes, helping with the learning of new knowledge.

Sommaire

Remerciements	3
Résumé	5
Abstract	7
Sommaire	9
Liste des sigles et abréviations	11
Introduction.....	13
1. Cadre théorique.....	17
2. La géothermie : conceptions d'apprenants.....	83
3. Un projet pédagogique innovant sur la géothermie	173
4. Discussion générale	279
Conclusion	295
Références bibliographiques.....	297
Table des matières	307
Table des illustrations.....	311
Liste des tableaux	315
Annexes	319

Liste des sigles et abréviations

ACM	Analyse des Correspondances Multiples
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AFD	Agence Française de Développement
APBG	Association des Professeurs de Biologie et de Géologie
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
BTP	Bâtiment et Travaux Publics
BTS	Brevet de Technicien Supérieur
CBM	Core Mantle Boundary
CETIAT	Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
CO ₂	Dioxyde de Carbone
COFRHIGEO	Comité Français d'Histoire de la Géologie
DATAR	Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale
DD	Développement Durable
DU	Diplôme Universitaire
DUT	Diplôme Universitaire de Technologie
EGS	Enhanced Geothermal System (système géothermique amélioré)
EIST	Enseignement Intégré de Science et Technologie
ENR	Energies Renouvelables
ENS	École Normale Supérieure
ENSG	École Nationale Supérieure de Géologie
FEDER	Fonds Européen de Développement Régional
GB	Géothermie Bouillante
GEOTREF	GEOThermie haute énergie dans les REServoirs Fracturés
GES	Gaz à Effet de Serre
GWh	Gigawattheure
HDR	Hot Dry Rock (roche chaude et sèche)
HFLE	Health and Family Life Education
INHIGEO	International Commission on the History of Geological Sciences
INTERREG	Inter Régions
IPGS	Institut de Physique du Globe de Strasbourg
KVP	Connaissances, valeurs, pratiques
LTECV	Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte
MIT	Massachusetts Institute of Technology
MW	Mégawatt
MWe	Mégawatt électrique
MWh	Mégawattheure
MWth	Megawatt thermique
ONISEP	Office National d'Information Sur les Enseignements et les Professions
ORC	Organic Rankine Cycle (cycle organique de Rankine)
RGE	Reconnu Garant de l'Environnement
SES	Sciences Économiques et Sociales
SVT	Sciences de la Vie et de la Terre
Tep	Tonne équivalent-pétrole
VPA	Visual and Performing Arts
WIP	West Indies Power

Introduction

Limiter le réchauffement climatique et préserver notre planète est aujourd'hui l'une des préoccupations majeures de la communauté mondiale. Le climat global de l'atmosphère terrestre, bien que fluctuant naturellement au cours des temps géologiques, a enregistré depuis les dernières décennies une accélération de son réchauffement. Ce réchauffement est dû à une concentration élevée de gaz à effets de serre (GES) dans l'atmosphère terrestre. Ces gaz empêchent la diffusion dans l'espace des rayons solaires perçus puis réfléchis par la Terre, et emprisonnent donc la chaleur solaire sous la couche d'ozone, créant un dérèglement du système Terre et de tout ce qui le compose.

C'est finalement grâce à ces GES que nous pouvons profiter sur Terre d'une température confortable pour vivre, mais c'est en revanche à cause d'eux que cette température pourrait devenir inconfortable si rien n'est fait pour limiter leur émission.

Un des principaux gaz responsables du réchauffement climatique est le dioxyde de carbone (CO₂). Le CO₂ provient des plantes et océans, mais il est également issu des combustibles fossiles tels que le charbon, le pétrole et le gaz. D'autres activités anthropiques, à moindre effet, émettent cependant du CO₂ comme l'agriculture, l'élevage, certaines industries, la déforestation et bien d'autres encore. Le CO₂ n'est pas le seul gaz responsable de l'augmentation de l'effet de serre, mais c'est celui qui y participe pour la plus grande part (plus de 50% des émissions anthropiques liées au réchauffement climatique sont constituées par le CO₂).

Les ressources énergétiques les plus exploitées et servant au mieux à répondre à nos besoins en énergies sont ces énergies fossiles. La répartition inégale de ces ressources sur Terre a été en grande partie responsable de nombreuses guerres et crises économiques, mais malgré cela, nous continuons à en être dépendants.

Dans l'optique de limiter le réchauffement climatique et d'acquérir une autonomie énergétique, certains pays mettent en place des politiques de transition. Cette transition énergétique a pour objectif de remplacer graduellement la production et l'utilisation d'énergies fossiles, en se tournant vers des énergies renouvelables. Le vent, le soleil, la mer, les fleuves ou rivières ou encore la géothermie sont des éléments naturels qui peuvent être exploités à des fins énergétiques. Ce sont des ressources inépuisables, dont l'utilisation ne nécessite pas de combustion, elles ne dégagent donc pas de CO₂.

Chaque pays ou territoire géographique possède ses ressources, et aucun endroit sur Terre n'est égal quant à la disponibilité des ressources renouvelables. La géothermie constitue un potentiel intéressant pour la production d'énergie, aussi bien de chaleur directe (sans combustion) que pour la production d'électricité, mais les ressources géothermales pour la production d'électricité se trouvent majoritairement en limite de plaque tectonique (rift, dorsales, subduction ou convergence).

Les îles constituant l'arc antillais possèdent tous les éléments nécessaires pour la production d'énergies renouvelables : la mer, le vent, le soleil, et les rivières, pour la plupart. Leur contexte géodynamique de subduction leur confère également, pour la plupart, la ressource géothermique.

En revanche, cette énergie n'est exploitée dans aucune de ces îles, mis à part en Guadeloupe où la centrale géothermique de Bouillante produit, depuis 1984, une faible part de l'électricité de Guadeloupe (de 5% à 20% selon les années).

Force est de constater que malgré ce contexte propice au développement des énergies renouvelables, plus de 80% de l'électricité de Guadeloupe provient de l'importation et de la combustion de charbon et de produits pétroliers, et cela est également le cas pour la plupart des îles de l'arc antillais.

En Dominique, par exemple, la quasi-totalité de l'énergie électrique locale provient de trois centrales hydrauliques (20%) et de la combustion de diesel importé (80%). Cette organisation énergétique, comprenant une faible diversité des ressources locales exploitées : les rivières, ne permet pas de faire face à d'éventuels phénomènes pouvant limiter la production (crues, assèchement...). Elle rend ainsi ce territoire fortement dépendant, économiquement, des fluctuations de prix de ces importations. Cela peut rendre le pays vulnérable et nous avons pu le constater avec les pannes générées à la suite du passage du cyclone Maria (en novembre 2017). Comme l'a souligné Mme Irene Cañas Díaz, vice-ministre de l'énergie au Costa Rica en 2015, au séminaire Interreg organisé en Guadeloupe, la diversité des ressources renouvelables exploitées sur un territoire est une chose très importante à prendre en compte sur le plan de la transition énergétique.

L'énergie géothermique présente un fort potentiel pour la Guadeloupe, mais aussi pour toutes les îles des Antilles qui dépendent surtout de produits d'importation. Cette énergie présente donc un enjeu majeur pour le développement durable et responsable et pour l'autonomie de cette zone géographique. Elle constitue un atout stratégique en matière de développement économique, mais aussi au niveau écologique, si elle est développée de concert avec d'autres énergies renouvelables. Certaines îles ont ainsi commencé à s'intéresser à cette énergie et des campagnes d'exploration pour la géothermie sont mises en place en Dominique, à Montserrat, en Martinique, à Saint Kitts et Nevis et bien d'autres. Manifestement, le développement de telles campagnes nécessite l'implication de professionnels du domaine, malheureusement inexistant au sein même de ces zones géographiques. Dans cette optique, une ambition commune des politiques européennes, nationales et locales s'est installée pour le développement de la géothermie aux Antilles, par le biais de divers financements (programmes INTERREG 4 et 5 et Investissement d'Avenir). Le but ultime, comme l'a annoncé André Bon en 2015, est de « développer en Guadeloupe et Martinique, un centre d'excellence sur la géothermie (entreprises, recherche, formation), vitrine du savoir-faire français et base de projection pour l'export »¹.

La thèse développée ici est financée par le projet GEOThermie haute énergie dans les REServoirs Fracturés (GEOTREF), lui-même appuyé par le Programme d'Investissement d'Avenir (PIA), accueilli et soutenu par la région Guadeloupe. C'est un projet visant à développer une plate-forme pluridisciplinaire d'innovation et de démonstration pour l'exploration et le développement de la Géothermie. Il regroupe onze partenaires. Deux entreprises privées françaises (Teranov et KIDOVA) sont en charge du pilotage du projet, de certains travaux de recherche et développement (R&D) ainsi que de l'intégration et de la valorisation des résultats. Neuf laboratoires français issus d'organismes

¹ Cela a notamment été repris par Roussel (2016) dont l'article est accessible sur : <https://www.actu-environnement.com/ae/news/geothermie-profonde-inauguration-centrale-thermique-es-roquette-cdc-ecogi-26957.php4> (consulté le 29/06/2018)

de recherche ou d'universités sont en charge des travaux de R&D (l'IPGS de Strasbourg, le Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg, l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse, GeoRessources, l'ENS, GéoAzur, Aramines, l'Université de Cergy, et l'Université des Antilles). Ce programme comprend ainsi 16 thèses et postdoctorats.

Malgré la volonté générale de développer l'excellence sur la géothermie en Guadeloupe, il est notable que les projets en lien avec sont essentiellement gérés et opérés par des acteurs extérieurs. À titre d'exemple, sur les 16 thèses et postdoctorats financés par le projet Geotref, seuls deux se déroulent en Guadeloupe, et parmi les organismes cités du même projet, un seul est localisé en Guadeloupe. Il faut bien convenir qu'un manque de ressources locales (professionnels, technologies) existe et qu'un développement de l'éducation sur les disciplines en lien avec la géothermie est capital pour répondre à cette volonté.

Cette thèse s'intéresse ainsi à l'éducation à la géothermie en Guadeloupe, et de manière plus large, en contexte antillais. Elle tente d'appréhender au mieux une telle éducation dans ce contexte insulaire. Porter une réflexion sur une éducation dans un domaine particulier nécessite une appropriation des savoirs sur le sujet. Ainsi, même si la thèse se situe dans le champ disciplinaire des sciences de l'éducation il semble important de faire un état des lieux de la géothermie en elle-même avant tout.

Le premier chapitre constitue le cadre théorique. Il se décompose en quatre parties. La première décrit la géothermie par diverses approches : géologiques, historiques et technologiques. Elle s'intéresse également à la géothermie dans le contexte particulier des Antilles. La deuxième partie concerne l'état actuel de l'éducation en matière de géothermie (prescrits et formations) et porte un regard sur les questions sociales liées à ce domaine. La troisième partie se tourne vers le véritable sujet de la thèse qui se positionne en sciences de l'éducation. Elle tente de répondre aux besoins d'une didactique, et oriente le discours dans le champ de la didactique des sciences par plusieurs approches, principalement psychologique et sociologique. Les théories relatives aux conceptions et opinions d'apprenants sont détaillées. Enfin, dans la quatrième partie du cadre théorique, la particularité de l'éducation en Guadeloupe oriente le discours autour du contexte en didactique et notamment autour des notions d'effets de contextes. Les liens entre contextes et conceptions sont mis en évidence et structurent des idées sur la mise en place de pédagogies contextualisées, au même titre que les context-based approach. Cet axe s'intéresse à comment utiliser le contexte et les effets de contextes comme ressource pour l'enseignement.

Les apports théoriques de ces deux champs de la didactique (didactique des sciences et contextualisation didactique) permettent de fournir des outils afin de décrire et comprendre les phénomènes étudiés : les conceptions d'apprenants et les contextes géothermiques, pouvant être différents d'un territoire à l'autre, ainsi que les méthodes pédagogiques prenant en compte les contextes.

Le manuscrit se poursuit avec deux chapitres. Le second chapitre porte sur la mise en place d'une enquête portant sur les conceptions envers la géothermie et destinée à des élèves de 14 à 15 ans, en Guadeloupe, Martinique et Dominique. Cette enquête par questionnaires interroge les connaissances des élèves mais également leur expérience avec des installations de géothermie dans le cadre du milieu scolaire et leur opinion et jugement personnel vis-à-vis de cette ressource et de cette technologie. L'étude qualitative et quantitative est analysée par des méthodes descriptives et

statistiques. Les résultats de cette enquête sont discutés dans une partie intermédiaire, dans laquelle ils seront comparés aux données déjà existantes dans le domaine.

Le troisième chapitre détaille la mise en place d'une expérimentation pédagogique basée sur les contextes et effets de contexte sur le sujet de la géothermie. Ce chapitre s'intéresse en premier lieu à la modélisation de différents contextes et à leur comparaison, par la création d'un outil informatique implémenté et expérimenté sur le sujet de la géothermie en contextes guadeloupéen et québécois. Il décrit par la suite la construction de la pédagogie qui se base sur la comparaison des contextes modélisés. Ce volet introduit ainsi des bases théoriques complémentaires telles que le design pédagogique, les technologies éducatives et la *design-based research* (dont la thèse emprunte certains points méthodologiques). La discussion des résultats obtenus se fait à la suite de leur analyse, à la fin du troisième chapitre.

Enfin, la discussion générale de la thèse est présentée dans un quatrième chapitre, dans lequel nous revenons sur la problématique générale. Nous y discutons des relations entre contextes et conceptions à différentes échelles spatiales, des articulations entre conceptions, représentations sociales et questions socialement vives, et enfin des relations entre objets de contextes, effets de contextes et modélisation. Enfin, la thèse se termine par une brève conclusion clôturant le dernier chapitre.

1. Cadre théorique

1.1. La géothermie

1.1.1. Une chaleur provenant des entrailles du globe

La géothermie, du grec « *géo* » qui signifie « Terre » et « *thermós* » se traduisant par « la chaleur », désigne à la fois l'étude des phénomènes thermiques internes au globe terrestre, et l'exploitation par l'homme de cette chaleur, à des fins énergétiques.

De nombreuses théories sont apparues au cours de l'histoire afin de comprendre la structure interne du globe et l'origine de sa chaleur. Galilée (1612), Descartes (1644), ou encore Buffon (1833) font partie des premiers philosophes et scientifiques à avoir proposé des hypothèses concernant la formation de la Terre et sa composition. Mais ces théories individuelles « *imaginaires* » ne rentrent pas encore dans le domaine de la science, car les phénomènes internes au globe sont bien trop complexes et impossibles à observer pour l'époque (Gohau, 2008)². Ce n'est qu'à partir du XX^{ème} siècle, avec le développement des technologies et l'essor de la géologie, qu'il a été possible de proposer de nouvelles hypothèses basées sur des résultats scientifiques.

La température du noyau terrestre est estimée entre 3 800 et 5 500 °C. Sa partie interne (la graine) est solide. Elle cristallise progressivement au détriment du noyau externe qui lui, est liquide. La discontinuité de Lehmann, découverte en 1936, marque la transition entre la partie interne et externe du noyau. La limite entre le noyau externe et le manteau inférieur s'appelle la discontinuité de Gutenberg ou CMB (core-mantle-boundary) ou encore couche D''. Elle a été découverte en 1912. Cette limite hétérogène est le lieu d'échanges de matières et d'énergies entre le noyau externe liquide et le manteau inférieur, au comportement ductile face à la déformation. Le manteau supérieur est divisé en deux parties : l'asthénosphère et la partie supérieure de la lithosphère, séparées l'une de l'autre par la Low Velocity Zone (LVZ), limite en deçà de laquelle la vitesse de propagation des ondes sismiques est plus faible et l'état des roches plus visqueux. La lithosphère contient une partie du manteau supérieur ainsi que la croûte. Enfin, la limite entre le manteau et la croûte s'appelle la discontinuité de Mohorovicic, elle a été découverte en 1909 (figure 1).

La cristallisation du noyau interne libère une fraction de la chaleur qui se répand jusque dans la croûte. Cependant, la chaleur des couches supérieures de la Terre ne provient pas que du noyau car les roches du manteau sont de très mauvais conducteurs. L'essentiel de la chaleur contenue dans les couches internes du globe provient de la radioactivité naturelle. Il s'agit de l'énergie nucléaire produite par la désintégration d'éléments tels que l'uranium, le thorium et le potassium contenus dans le manteau et la croûte.

² Cf. vidéo de l'interview de Gabriel Gohau, Recherches épistémologiques et historiques sur les sciences exactes et les institutions scientifiques (Université Paris 7 – CNRS), consultée sur <http://www.insu.cnrs.fr/terre-solide/experimenter-modeliser/les-theories-de-la-terre> le 07/08/2018.

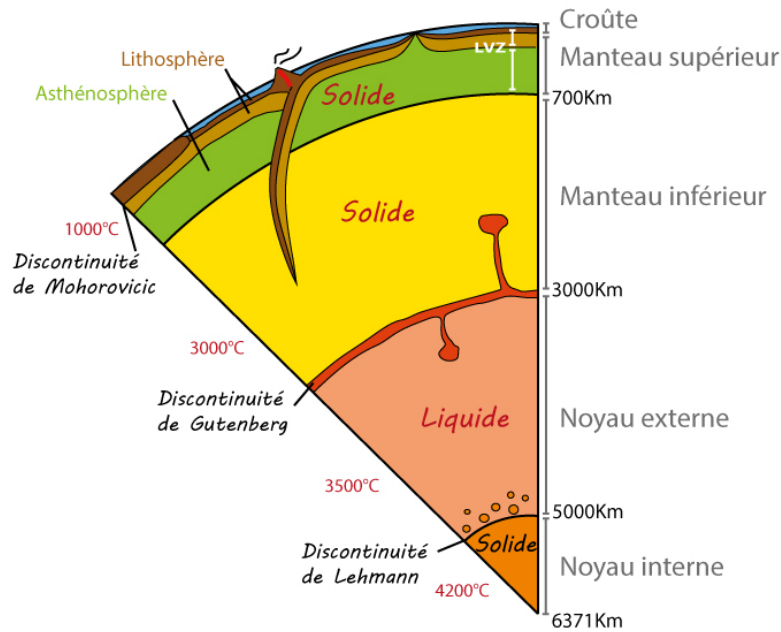


Figure 1 : Schéma de la structure interne du globe

La fission des atomes dégage de l'énergie sous forme de chaleur. Cette chaleur atteint la surface par des phénomènes de conduction et de convection dans les différentes couches du globe. Le phénomène de conduction correspond à un déplacement de la chaleur se faisant dans la matière immobile, par agitation des atomes. Plus la conductivité thermique des roches est faible, plus le mécanisme sera lent. Le phénomène de convection correspond à un transfert de matière. La matière chaude moins dense remonte, alors que la matière plus froide donc plus dense, redescend. La présence de l'un de ces phénomènes ou de l'autre dans le manteau varie selon les théories. Selon Courtillot, Davaille, Besse et Stock (2003) des amas de matière issus des couches internes du globe peuvent remonter jusqu'en surface (figure 2). Ces amas peuvent provenir soit de la limite entre le noyau externe et le manteau (1), soit de super-panaches situés dans le manteau inférieur (2), soit directement de la lithosphère (3). Ce dernier cas est controversé et n'a pas été repris par Dercourt, Paquet, Thomas et Langlois (2006), par exemple. Les remontées de magma sous forme de panaches mantelliques ou d'anomalies de fusion sont très chauds et subissent des variations de pression et de température en remontant, leur permettant de traverser les couches les surplombant. Ils sont à l'origine des îles volcaniques se trouvant au milieu de plaques tectoniques.

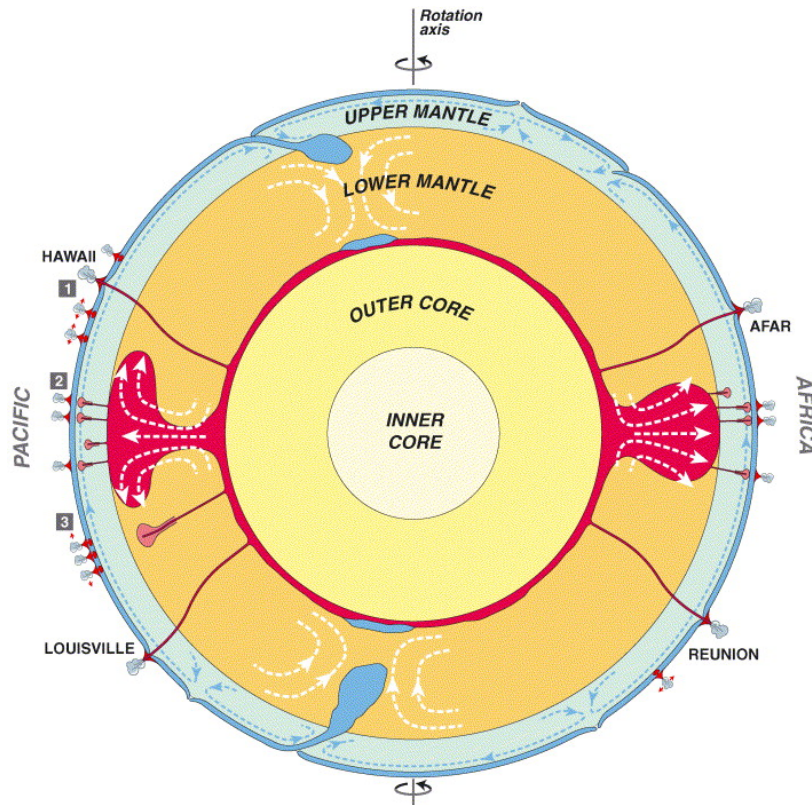


Figure 2 : Structure interne de globe (Courtilot et al., 2003)

Au début du 20^{ème} siècle, Wegener (1912) propose la théorie de la « *dérive des continents* », ce qui permet d'expliquer un grand nombre d'observations. Les plaques lithosphériques ou tectoniques, qui composent la lithosphère à la surface du globe se déplacent et dérivent. Cette théorie a mis un certain temps avant d'être acceptée car les forces responsables du mouvement des plaques n'étaient pas expliquées. Aujourd'hui, la plupart des théories s'accordent sur le fait que le déplacement des plaques lithosphériques est dû à la traction initiée dans les zones de subduction en raison de processus gravitaires et aux mouvements de convections du manteau ductile, formés par le transport de la chaleur. On parle alors de mouvements convergents, divergents ou décrochants (Romanowicz, 2018).

Les limites des plaques sont appelées marges passives ou marges actives (en fonction de l'importance de leur activité). Les plaques lithosphériques se forment au niveau des zones d'accrétion, où elles divergent au niveau des dorsales médio-océaniques. À cet endroit, le manteau ductile composé de péridotites rentre en fusion partielle. Le magma ainsi produit, forme du gabbro et du basalte (roches principales composant la croûte océanique). Au fur et à mesure que la plaque se déplace, celle-ci se refroidit et de l'eau de mer s'y infiltre par le biais de failles normales induites par l'extension des plaques. Cela entraîne des réactions chimiques qui affectent les minéraux, transformant ainsi à la fois les roches et la composition chimique de l'eau de mer. Ce processus est appelé hydrothermalisme océanique. En s'éloignant de la dorsale et en refroidissant, la lithosphère s'épaissit et se densifie, jusqu'à atteindre une densité supérieure à celle du manteau ductile. À ce moment, la croûte océanique et la partie supérieure du manteau peuvent s'enfoncer dans le manteau inférieur. Ce phénomène, appelé subduction océanique, se produit le long de certaines frontières de plaques. Aux Antilles, la plaque ancienne froide et dense rencontre la plaque caraïbe

plus jeune et moins dense, sous laquelle elle s'enfonce. Les roches qui composent la plaque plongeante subissent ainsi une variation de pression et de température entraînant ce qu'on appelle un métamorphisme. Le métamorphisme de subduction, essentiellement contrôlé par l'augmentation de la pression que subissent les roches, libère une partie de l'eau contenue dans le réseau cristallin des minéraux, qui se transforment, formant une nouvelle roche, l'éclogite. La libération d'eau va également hydrater le manteau situé au-dessus de la plaque plongeante. Ce manteau hydraté entraîné par la lithosphère océanique qui s'enfonce, entre en fusion, créant du magma. C'est ce magma, moins dense, qui en remontant dans la croûte océanique ou continentale, crée des volcans.

Au niveau des zones de subduction, le magmatisme est accompagné d'un transfert de chaleur associé au magma allant de la zone de fusion partielle vers la surface. Ceci génère une anomalie thermique se traduisant par une température du sol plus importante à faible profondeur. C'est cette chaleur qui peut être exploitée pour la géothermie de haute énergie.

1.1.2. Naissance de l'exploitation géothermique

En 1904, la géothermie est utilisée pour la première fois pour produire de l'électricité dans la ville de Larderello, en Italie. L'installation avait pour objectif premier d'extraire l'acide borique de fluides chauds pour l'industrie de la soudure (figure 3).

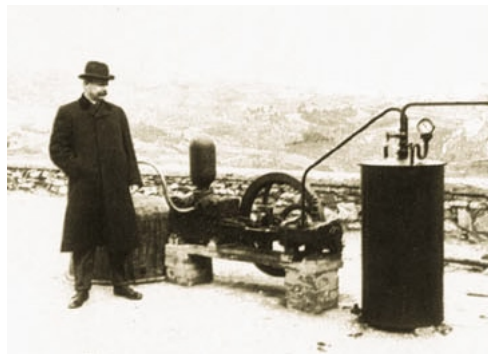


Figure 3 : Photographie de la première installation géothermique et de son inventeur Prince Piero Ginori Conti, Italie, 1904 (Dickson et Fanelli, 2004)

Cette année-là, cinq ampoules ont été allumées grâce à l'électricité produite par la vapeur d'eau du sol. Par la suite, une centrale géothermique a ouvert en 1911. Il s'agit là d'une ressource géothermique dont la chaleur provient d'une intrusion de roches magmatiques. Le fluide est piégé juste au-dessus, dans une structure en dôme formée par des roches calcaires surplombées par des schistes et des argiles (figure 4). L'installation de Larderello a été la seule pendant 50 ans.

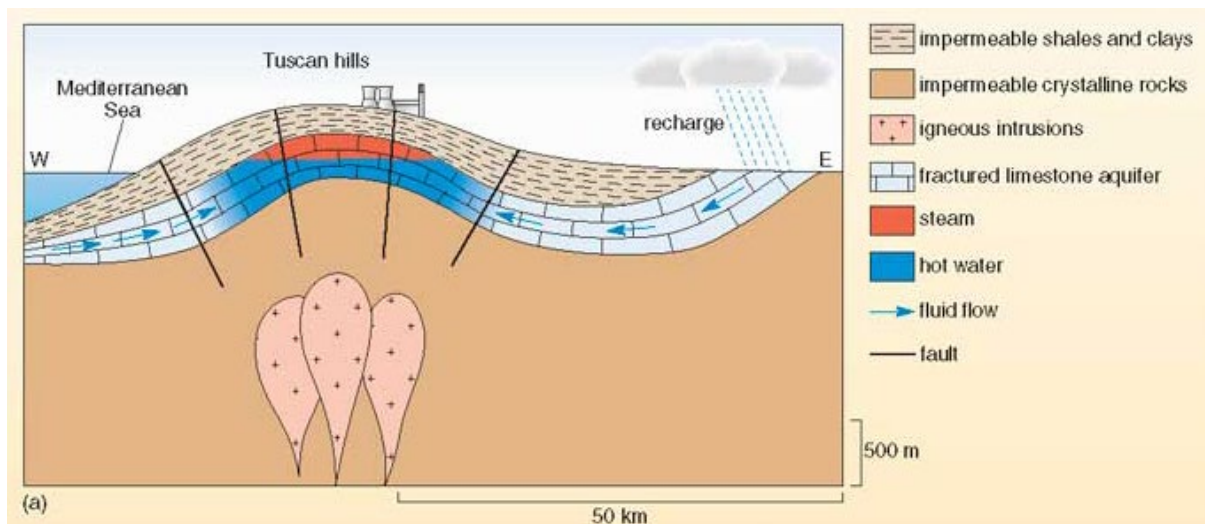


Figure 4 : Coupe transversale du champ géothermique de Lardarello en Toscane, Italie (The Open University, 2016)

D'autres pionniers de la géothermie sont les Islandais. C'est en 1930 que la première centrale a été construite en Islande, avec une puissance électrique de 3MW. Aujourd'hui, la géothermie y fournit 69% de l'énergie consommée. Côté français, le premier forage géothermique pour la production d'eau chaude est un puits artésien situé à Paris. Il a été construit en 8 ans, dans les années 1930, et mesurait 548 mètres de profondeur. D'autres installations ont vu le jour tout au long du XX^{ème} siècle, comme par exemple le premier réseau de chaleur géothermique, mis en place à Melun en 1969 (ADEME, 2015).

1.1.3. Le fonctionnement de la géothermie

Il existe différents types de géothermie dans le monde, dépendamment du contexte géologique. Celles-ci sont classées en fonction de la profondeur et de la température de la ressource ainsi que de l'utilisation qu'il en est fait (Lukawski et al., 2017). En général, quatre types de géothermie sont distingués.

Géothermie de très basse énergie :

La géothermie de très basse énergie, aussi appelée géothermie assistée par pompe à chaleur, est utilisée pour le chauffage d'habitations individuelles et de bâtiments à usage collectif. En France métropolitaine, la puissance totale installée était de 1 850 MWth en 2011, ce qui correspond au chauffage d'environ 275 000 logements. Il en existe différents types : circuits verticaux ou horizontaux, utilisant la chaleur du sol ou bien celle de nappes phréatiques peu profondes. Le fluide chauffé par le sol, ou exploité dans le sol n'est pas utilisé directement, il alimente une pompe à chaleur qui fournit une chaleur adéquate (ADEME et BRGM).

Au Canada, ce système est largement exploité et alimente des foyers de manière individuelle mais également des lieux publics. Par exemple, le biodôme de Montréal est un musée du vivant reconstituant la faune et la flore de quatre écosystèmes très différents du continent américain et les faisant cohabiter dans le même édifice :

- la forêt tropicale : luxuriante, humide et chaude ;
- la forêt laurentienne : changeante au fil des saisons ;
- le Saint-Laurent marin : avec la faune de l'estuaire et du golfe ;
- les mondes polaires de l'Arctique et de l'Antarctique.

L'eau d'une nappe phréatique située à 20 mètres de profondeur, sous le bâtiment, est exploitée à 16°C et alimente des thermopompes par le biais d'un fluide réfrigérant, subvenant ainsi aux besoins en chaleur et en fraîcheur, l'été comme l'hiver, dans chacun des écosystèmes. Il s'agit d'un système ouvert dont le fluide exploité est retourné dans la nappe phréatique après utilisation.

Géothermie de basse énergie :

La géothermie de basse énergie repose sur l'extraction de chaleur présente dans le sous-sol, à des profondeurs allant de 10 à 200 mètres en moyenne. Elle peut être utilisée directement à des fins domestiques, pour le chauffage ou le refroidissement d'installations individuelles, ou d'eau sanitaire. À titre d'exemple, le bassin parisien est constitué de couches sédimentaires présentant des aquifères à différentes profondeurs. La couche du Dogger (Jurassique), composée de calcaires, contient un aquifère de plus de 15 000 km². Il est situé entre 1 500 et 2 000 mètres de profondeur et possède une température allant de 57 à 85 degrés. L'exploitation de la chaleur de cet aquifère a débuté en 1981, après les chocs pétroliers de 1973 et 1979 ayant entraîné une augmentation des prix du pétrole. Aujourd'hui, ce réservoir fournit du chauffage pour 500 000 habitants, avec 36 doublets géothermiques qui alimentent ce qu'on appelle des réseaux de chaleur. L'eau exploitée étant très chargée en sels minéraux, celle-ci ne peut être rejetée en surface et doit être réinjectée. C'est pour cela qu'on parle de doublets géothermiques (à chaque puits d'extraction est associé un puits de réinjection). La production de chaleur dans le bassin parisien en 2011, était de 391 MWth. Il s'agit là du plus grand réseau de chaleur en France, alimentant des villes, majoritairement en Seine-Saint-Denis et Val-de-Marne.

Géothermie de moyenne énergie :

La géothermie de moyenne énergie est utilisée pour la production d'électricité. Elle exploite des réservoirs hydrothermaux dont la température est comprise entre 150 et 200 degrés. L'eau exploitée sert à chauffer un fluide en circuit fermé dont la température d'évaporation est plus faible que celle de l'eau. Ce système fonctionne grâce à un échangeur thermique. On parle alors de systèmes binaires ou ORC (Organic Ranking Cycle). La centrale de Soultz-Sous-Forêts, en Alsace, exploite un fluide à 200 degrés à 5 000 mètres de profondeur, dans un pluton granitique fracturé. La technique de l'EGS (Enhanced Geothermal System) y a été appliquée. C'est-à-dire que de l'eau froide a été injectée à forte pression dans le réservoir afin de libérer les fractures dans lesquelles des cristallisations de minéraux empêchaient la circulation de fluide. Cette centrale, entrée en production en 2016, fournit de l'énergie électrique à hauteur de 1,5 MW et subvient aux besoins en électricité de 2 400 foyers.

Géothermie haute énergie :

La géothermie haute énergie utilise directement le fluide d'un aquifère pour la production d'électricité. Les fluides exploités subissent une séparation afin de dissocier les liquides des gaz. Les gaz servent ensuite à alimenter une turbine qui produira l'électricité par le biais d'un alternateur.

La centrale géothermique de Bouillante, en Guadeloupe, exploite le fluide d'un aquifère à une température de 250 degrés entre 500 et 1 000 mètres de profondeur. Il s'agit de la seule centrale géothermique conventionnelle de France (qui n'utilise pas la fracturation hydraulique). Le fluide exploité est suffisamment chaud pour être directement utilisé. La centrale de Bouillante sera décrite en détail plus bas.

Finalement, chaque type de géothermie permet une utilisation différente. La figure 5 illustre de manière précise les différentes utilisations pouvant être faites de la géothermie, aussi bien à l'échelle industrielle qu'à celle du particulier, en fonction de la température de la ressource.

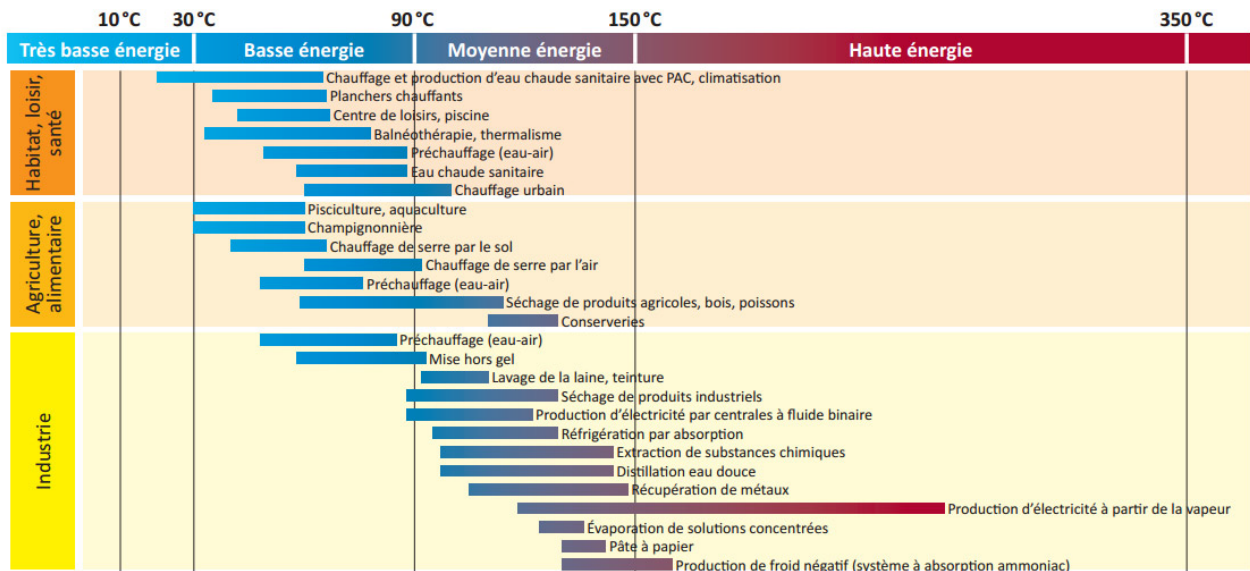


Figure 5 : Utilisation des différents types de géothermie (ADEME, 2015)

1.1.4. Intérêts énergétiques de la géothermie

La réduction de la production de gaz à effet de serre est un enjeu mondial pour la protection de la planète et de l'humanité et pour un développement durable et viable. Dans cette optique, de nombreux pays développent l'utilisation des énergies renouvelables qui participent à la lutte contre l'effet de serre en limitant les rejets de CO₂ dans l'atmosphère, et dont les réserves sont considérées comme inépuisables.

Ces énergies se différencient des énergies fossiles et de l'énergie nucléaire, qui présentent de nombreux inconvénients. Polluantes, dangereuses et sources de déchets difficilement gérables, ces énergies possèdent, certes, de vastes ressources, mais ne sont pas inépuisables et sont inégalement réparties à la surface de la planète. Elles sont à la source de la plupart des conflits géopolitiques. À la

différence des énergies fossiles et nucléaires, les énergies renouvelables sont plus respectueuses de l'environnement et inépuisables.

Chaque pays possède un environnement spécifique lui permettant de développer l'utilisation d'une ou plusieurs énergies renouvelables adaptées à son environnement. Ces énergies, de plus en plus abondantes et originales possèdent différentes origines :

- le soleil : énergie solaire photovoltaïque ou énergie solaire thermique ;
- le vent : énergie éolienne ;
- l'eau : barrages hydrauliques en fleuve ou en rivière, énergie marémotrice, énergie houlomotrice (mouvement de la houle), énergie hydrolienne, énergie thermique des mers, énergie osmotique (basée sur la différence de salinité des eaux) ;
- les végétaux : biomasse ou encore bagasse (résidus de canne) ;
- la chaleur de la Terre : énergie géothermique.

En 2015, en France, la consommation d'électricité correspond à 22,9% de la consommation totale en énergie et la consommation d'énergies renouvelables hors électricité correspond à 9,6% de la consommation totale en énergie (figure 6).

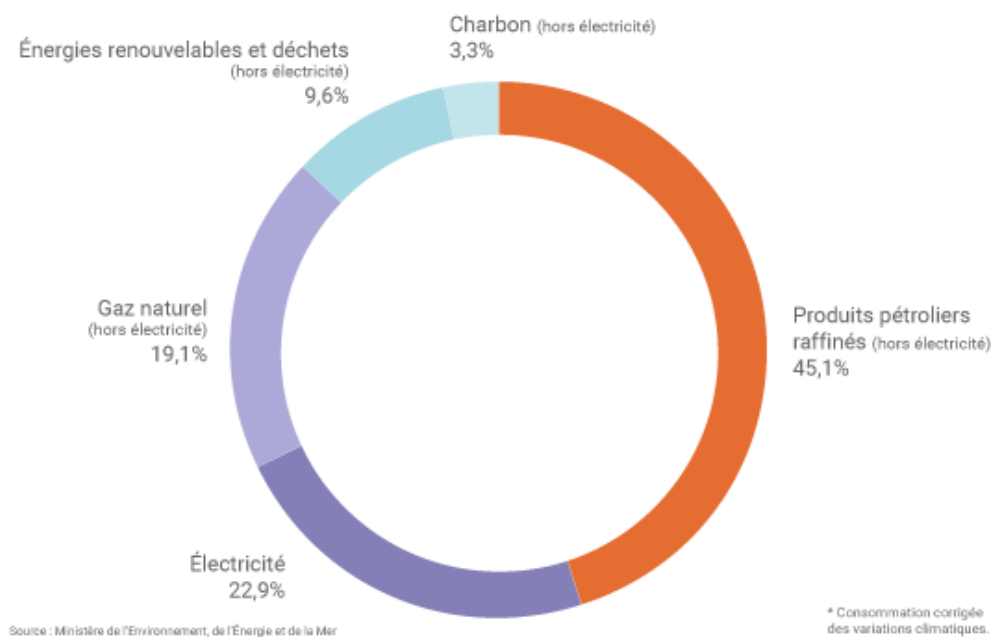


Figure 6 : Consommation d'énergie finale en France par secteur
(<https://www.connaissancedesenergies.org>)

Sur les 22,9% d'énergie électrique consommées, 19,1% sont issues des énergies renouvelables : hydraulique, solaire, éolien et bioénergies (figure 7). Les énergies renouvelables utilisées pour la consommation d'électricité correspondent donc à 4,4% de la consommation totale en énergie. Finalement, on peut dire qu'en moyenne, sur les années 2015 et 2016, 14% de la consommation énergétique totale en France se fait à partir des énergies renouvelables.

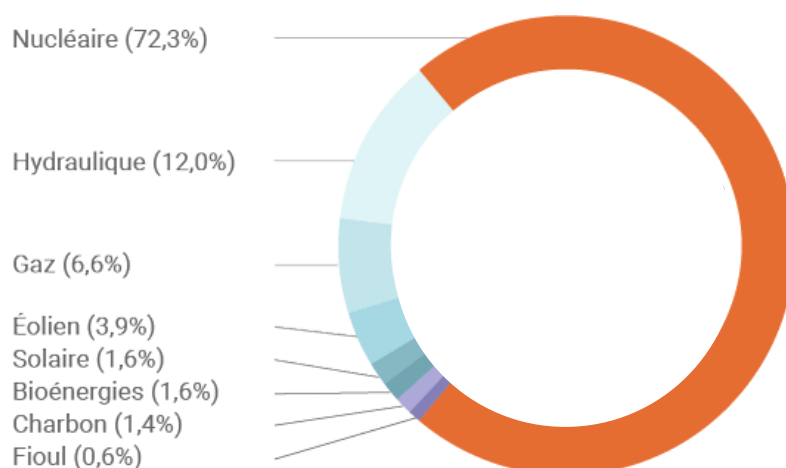


Figure 7 : Répartition de la production électrique française en 2016.
<https://www.connaissancedesenergies.org>

Afin de subvenir aux besoins continuellement grandissant de la population, la France doit importer une partie des ressources énergétiques (tableau 1). Effectivement, les productions pétrolières françaises ne répondent qu'à 1% des besoins, tout comme pour le gaz naturel. Pour le charbon, les exploitations françaises ne répondent qu'à 3,6% des besoins, et pour l'uranium, toutes les ressources proviennent de l'importation. Les principales origines des importations sont les suivantes :

Tableau 1 : Provenance des ressources énergétiques importée par la France

Pétrole	Arabie Saoudite, Kazakhstan, Nigéria, Russie et Angola (59,6%)
Gaz naturel	Norvège, Russie, Pays-Bas, Algérie et Qatar (74,8%)
Charbon	Australie, Russie, Afrique du Sud, États-Unis et Colombie (85,9%)
Uranium naturel	Canada, Kazakhstan et Niger

Le Grenelle de l'Environnement, initié en 2007, est un organisme gouvernemental qui a pour objectif de mettre en place des actions en faveur de l'écologie, de l'environnement et de la biodiversité. Il a permis l'adoption en 2015 de la « loi de transition énergétique pour la croissance verte », fixant entre autre un objectif de transition écologique : 23% d'énergies renouvelables pour 2020 sur la consommation d'énergie totale française et une réduction de 30% de la consommation primaire d'énergies fossiles en 2030 (par rapport à 2012). Cette loi a également permis de fixer des objectifs sur la production d'énergie géothermique en France.

En Guadeloupe, en 2016, la consommation totale d'énergie finale est égale à 581 185 tep, soit 6 758 GWh. La répartition de cette consommation se fait de la manière suivante (figure 8) : 69% de l'énergie consommée est constituée des carburants pour le transport, 27% correspond à la consommation d'électricité, 2% au gaz, et 2% à la chaleur produite par les chauffe-eau-solaire et moulins à vapeur (Observatoire Régional de l'Energie et du Climat, 2017).

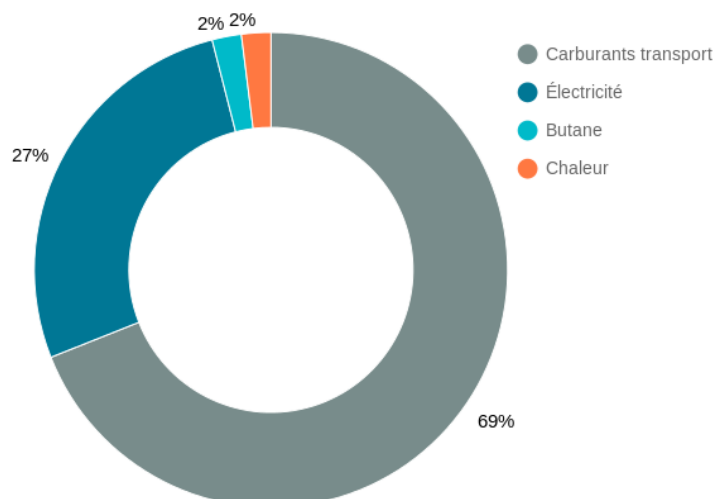


Figure 8 : Répartition de la consommation d'énergie en Guadeloupe

La répartition du mix énergétique de la Guadeloupe se fait de la manière suivante (tableau 2), d'après des données datant de 2015 (Observatoire Régional de l'Energie et du Climat, 2017) :

Tableau 2 : Mix énergétique de Guadeloupe en 2015

Pétrole	67%
Charbon	19%
Gaz	2%
Bagasse	0,5%
Hydroélectrique	0,4%
Eolien	0,6%
Photovoltaïque	1%
Géothermie	8,9%
Biomasse/ biogaz	0%
Eau chaude solaire	0,6%
Vapeur	1%

Toutes les ressources fossiles sont importées (charbon, gaz et pétrole). Les produits pétroliers sont destinés aux transports, à la production électrique ainsi qu'aux secteurs de l'agriculture et de l'industrie. Le charbon importé sert uniquement à la production électrique et de chaleur (centrale thermique au charbon et centrale thermique mixte bagasse/charbon). Seules les énergies renouvelables sont produites localement.

Finalement, sur la consommation totale en électricité, 60% est issue du charbon, 31% de la géothermie, 3,4% du photovoltaïque, 2,1% de l'éolien et enfin, 1,4% de l'hydroélectricité. Soit, environ 38% d'énergies renouvelables sur la consommation totale en électricité. Les énergies renouvelables en Guadeloupe représentent donc environ 12% de la consommation énergétique totale (figure 9), (Observatoire Régional de l'Energie et du Climat, 2017).

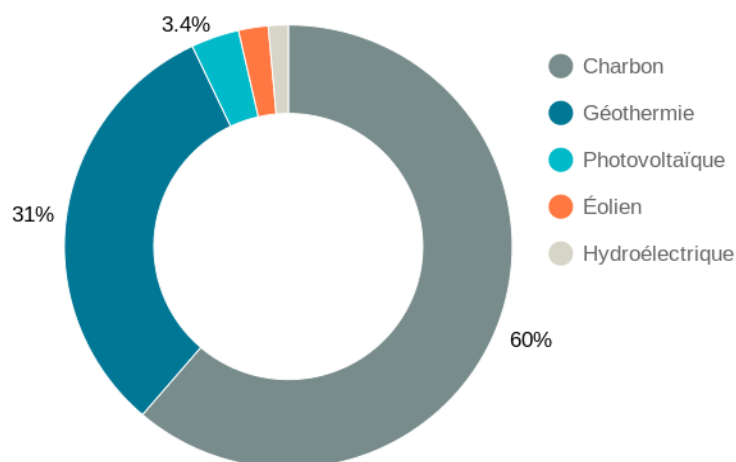


Figure 9 : Répartition des énergies renouvelables en Guadeloupe

Le mix énergétique électrique entre la France et la Guadeloupe est bien différent. La géothermie, qui n'est même pas mentionnée dans le mix français représente 31% de la consommation totale électrique guadeloupéenne, soit 8% de la consommation énergétique totale de Guadeloupe. Cela représentait 84 079 MWh en 2016 (tableau 3).

Tableau 3 : Évolution de la production géothermique depuis 2012 en Guadeloupe

2012	2013	2014	2015	2016
50 556 MWh	81 347 MWh	74 877 MWh	82 828 MWh	84 079 MWh

1.1.5. La géothermie aux Antilles et en Guadeloupe

L'arc antillais se trouve à la frontière entre les plaques Amérique du Nord, Amérique du Sud et Caraïbe (figure 10). Les Antilles sont des îles issues de la subduction des plaques nord et sud-américaines sous la plaque caraïbienne. Cette subduction a engendré la formation d'une série de volcans sur environ 850 kilomètres formant de petites îles connues sous nom de Petit Arc Insulaire des Antilles.

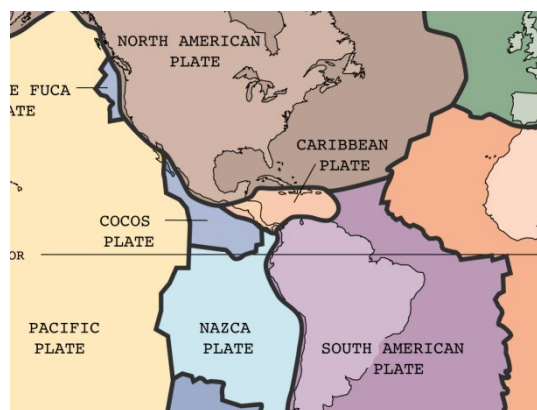


Figure 10 : Localisation de la plaque caraïbe (www.aapoe.net, consulté le 27/07/2018)

La formation du Petit Arc Insulaire des Antilles a commencée il y a 55 millions d'années. La subduction se fait à une vitesse allant de 1 à 2 cm/an. Le déplacement du front volcanique se produit à l'opposé de la fosse volcanique, et l'arc se divise en deux branches distinctes au nord. La branche située à l'est représente l'arc externe, aujourd'hui constituée de volcans éteints (Marie-Galante, Grande-Terre de Guadeloupe, Antigua...), tandis que l'arc récent actif se situe cinquante kilomètres plus à l'ouest (Montserrat, Basse-Terre de Guadeloupe, Dominique). Au sud, l'arc n'est composé que d'une seule branche. La séparation, indique qu'il y a eu 2 périodes d'activité volcanique séparées par une période d'inactivité au nord. Au sud, l'activité a été continue avec un déplacement des points d'éruption plus lent vers l'ouest (figure 11).

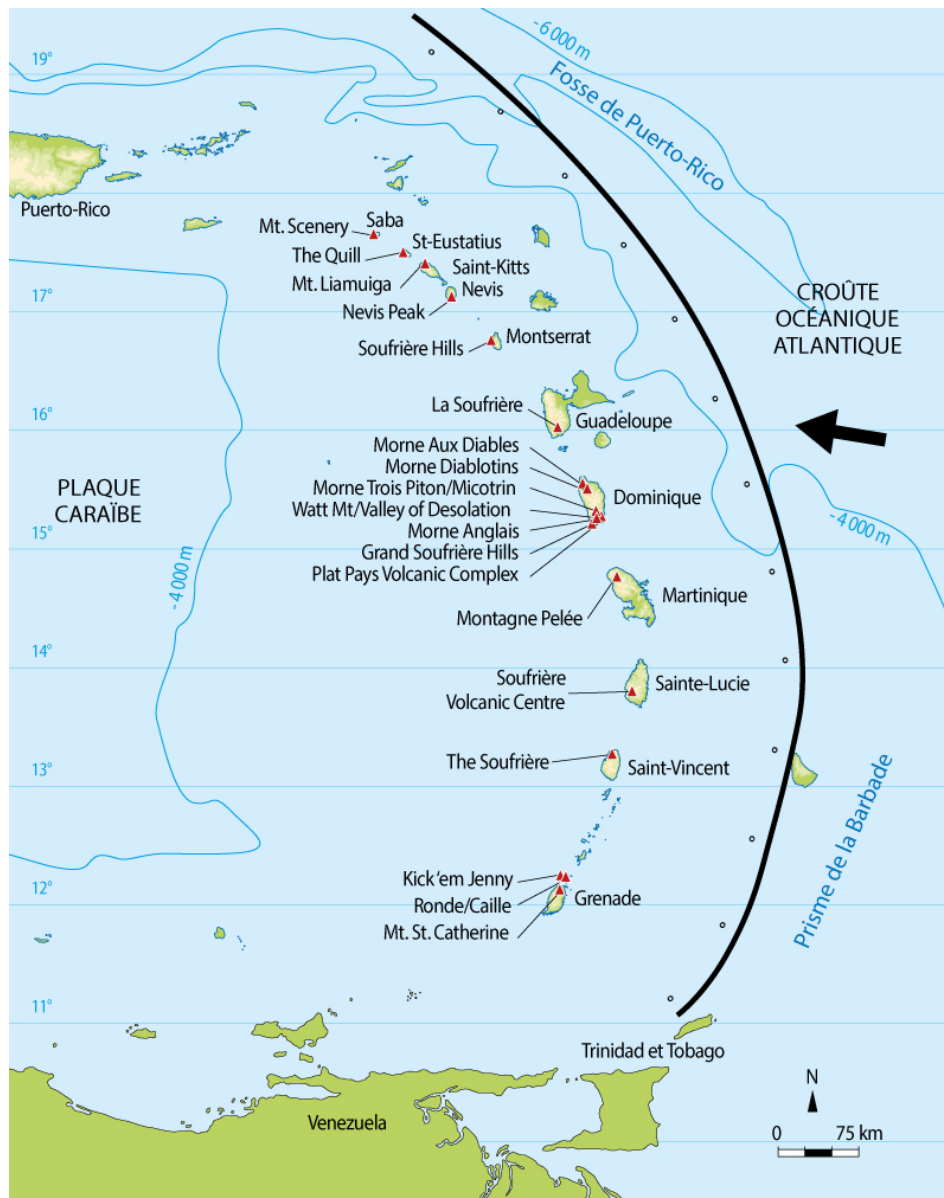


Figure 11 : Limite de subduction dans l'arc des petites Antilles (Laplaige, Durimel et Mompelat, 2013)

De par sa position en bordure de plaque tectonique, et résultant d'une subduction entretenant le volcanisme, l'Arc antillais possède un fort potentiel pour la géothermie de haute énergie. Mais toutes les îles de l'Arc des Antilles importent des ressources combustibles afin de subvenir à leurs besoins

en énergie. Les coûts d'importation et de production, très élevés, handicapent le développement économique de ces îles, et leur utilisation produit des gaz nocifs pour l'environnement.

En Guadeloupe, les premiers sondages et forages d'exploration ont débuté en 1960, sous l'égide du BRGM. Par la suite, quatre forages profonds ont été réalisés en 1970 par la société EURAFREP. Sur les quatre forages, deux se sont avérés productifs : BO-2 et BO-4. BO-2, de 338 mètres de profondeur, a permis une extraction de fluide géothermal à 240°C, en quantité suffisamment importante pour alimenter une turbine à vapeur. Cela a permis, en 1984, la construction d'une unité de production d'une capacité de 5 MWe : Bouillante 1 (figure 12), qui a été mise en service en 1986 par EDF puis reprise par le BRGM en 1995 à travers le groupe Géothermie Bouillante, nom de la société qui l'exploite (Dixit, 2014; Jaud et Lamethe, 1985).



Figure 12 : Photographies de la centrale de Bouillante – de gauche à droite : <http://www.geothermie-perspectives.fr> (consulté le 05/03/2018) et Observatoire Régional de l'Energie et du Climat (2017)

En 1999, une importante quantité d'eau de mer a été injectée dans le BO-4, ce qui a permis d'améliorer et d'augmenter sa production en ré-ouvrant des fractures cristallisées du réservoir. Puis, une seconde campagne de forages exploratoires a été initiée en 2001 afin d'accroître la capacité de la centrale et de mieux exploiter le réservoir disponible. Trois forages déviés ont été réalisés (BO-5 et BO-6 et BO-7) et deux se sont révélés productifs de vapeur (BO-5 et BO-6), entraînant la mise en service d'une seconde unité de surface en 2005. Cette nouvelle unité de production, appelée Bouillante 2, a amené la production totale à 15MW, permettant de couvrir entre 6% et 8% de la consommation électrique de l'île. À l'heure actuelle, BO-4 est utilisé comme puits d'observation, BO-2 comme puits de réinjection et seuls BO-5 et BO-6 sont productifs, réduisant la production à 10MW (figure 13).

En 2016, la société américaine Ormat Technologies se lance dans l'acquisition, progressive, de 85% de Géothermie Bouillante SA (GB). La société Géothermie Bouillante, au potentiel de 15 MW, détient deux permis d'exploration d'une capacité potentielle additionnelle de 30 MW. Ormat prévoit tout d'abord de rénover l'installation existante pour lui permettre de retrouver sa capacité de production de 15 MW alors qu'elle n'était que de 10 MW. Elle prévoit également d'augmenter la capacité de réinjection de fluide hydrothermal afin d'optimiser la production des unités Bouillante 1 et Bouillante 2 et de réduire les rejets en mer. Ormat technologies vise ensuite le développement d'une capacité supplémentaire de production à Bouillante de 30 MW pour 2021.

Il s'agit aujourd'hui de la seule centrale géothermique française produisant de l'électricité grâce à une ressource géothermale naturelle.

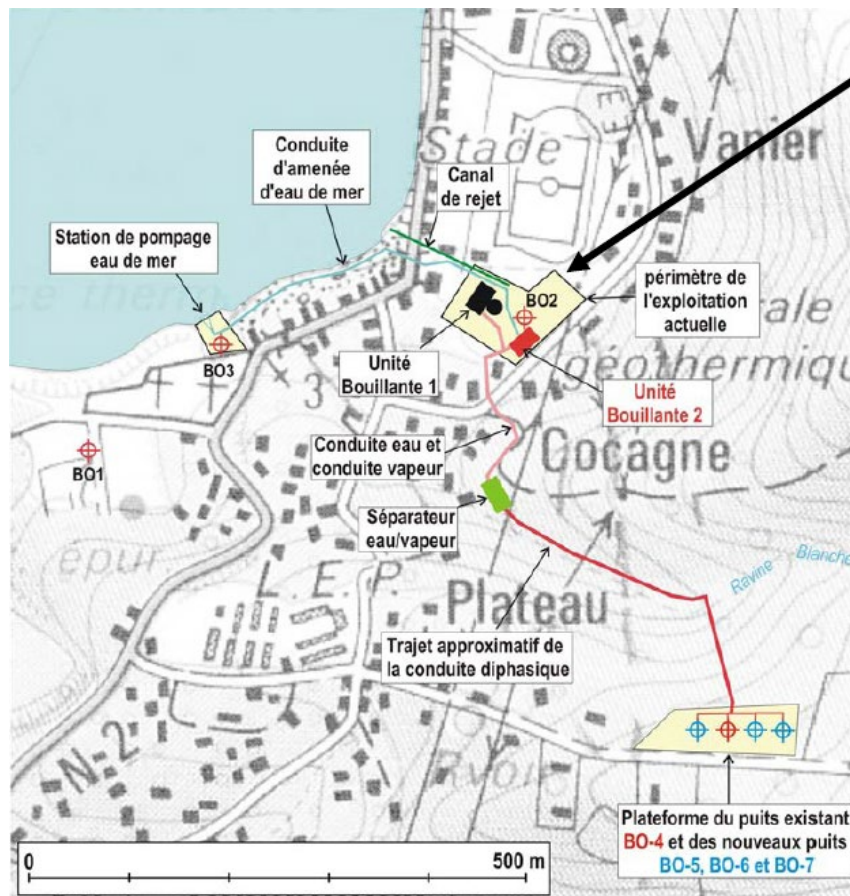


Figure 13 : Position des différents forages à Bouillante ³

Les fluides exploités au BO-5 et BO-6 sont acheminés jusqu'à l'unité de traitement localisée dans la ville de Bouillante, par un conduit de transport de 600 mètres de long. Puis, l'eau chaude et la vapeur sont dissociées au moyen d'un séparateur, d'où sort la vapeur haute pression (à environ 6 bars) produisant 30 tonnes/heure de vapeur. L'eau géothermale séparée de la vapeur passe dans un ballon de détente pour produire de la vapeur basse pression (à environ 1,3 bars) produisant 120 tonnes/heure de vapeur. La vapeur est ensuite acheminée jusqu'à une turbine à condensation qui produit de l'énergie cinétique. La turbine entraîne un alternateur qui transforme l'énergie cinétique en énergie électrique. La vapeur est ensuite refroidie, elle se condense, et rejoint le circuit de l'eau initialement séparée de la vapeur, puis est finalement rejetée en mer à une température maximum de 45°C, par un canal de rejet. Une infime partie de cette eau est réinjectée dans le réservoir (figure 14).

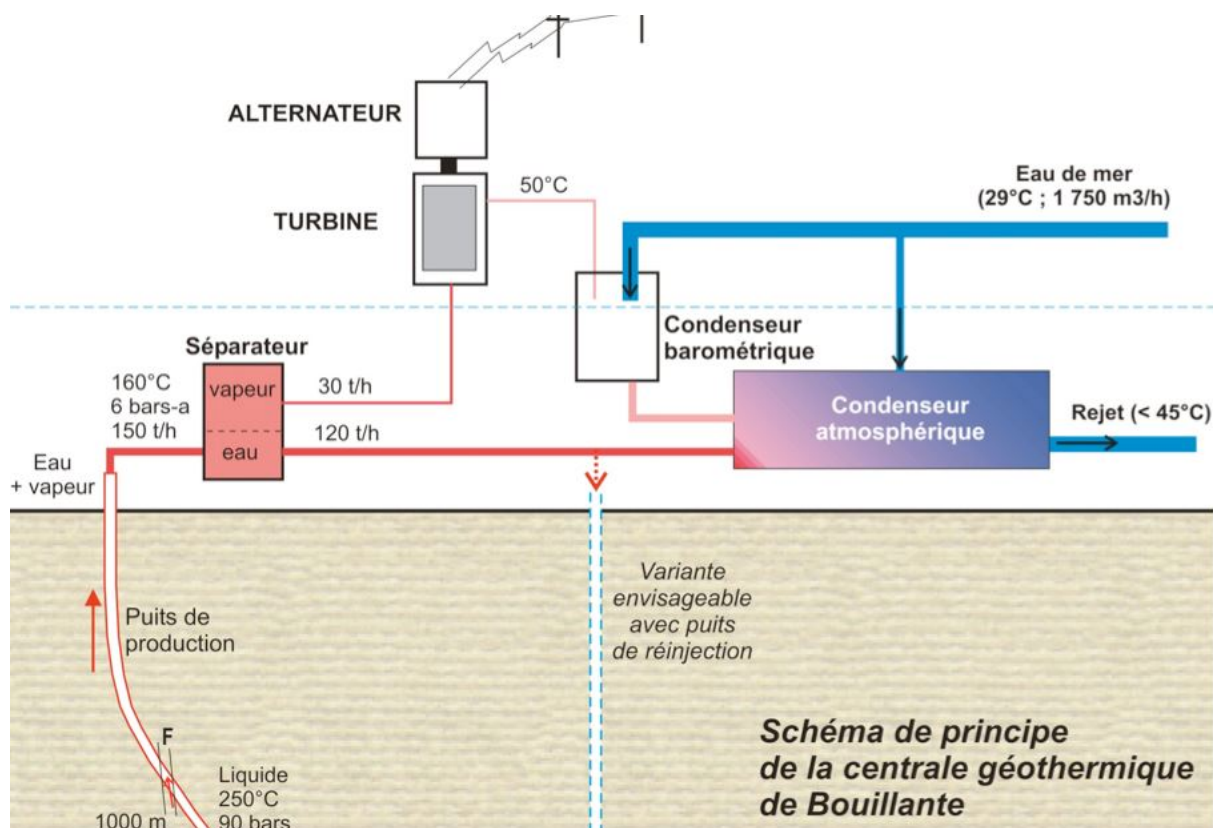


Figure 14 : Schéma du principe de fonctionnement de la centrale de Bouillante ³

En Martinique, une campagne d'exploration menée en 2000 par le BRGM associé aux collectivités locales a permis la réalisation de trois forages exploratoires dans la zone du Lamentin. Ces forages n'ont pas montrés de conclusions quant à la découverte de ressources géothermales exploitables pour la production d'électricité. En revanche, d'autres campagnes ont été menées en 2003 sur les zones de la Montagne Pelée, des Anses d'Arlet et du Diamant, qui ont conduit à la découverte de ressources de fluides à plus de 200°C. Les études ont repris en 2010.

En Dominique, le gouvernement a accepté le forage du premier puits géothermique par West Indies Power (WIP) en 2011 suite à l'acceptation du plan d'impact environnemental relatif à l'exploration géothermique. Les forages d'exploration réalisés en 2012 dans la vallée de Roseau ont confirmé la présence d'un réservoir géothermique de haute température (280°C) à moins de 1 000 mètres de profondeur. À lui seul, le potentiel géothermique de la région de la vallée de Roseau est estimé au moins à 120 MWe.

En 2014, le Ministère des Outre-mer français déclare l'ambition de créer un projet d'usine de 130 MW pour alimenter la Dominique ainsi que la Guadeloupe et la Martinique au moyen de câbles sous-marins par un consortium constitué de CDC Infrastructure, GDF SUEZ et NGE Groupe. Finalement, malgré les tentatives de collaboration avec différents partenaires, le gouvernement de

³ Cf. <http://unt.unice.fr/uved/bouillante/cours/ii.-etude-de-cas-la-centrale-geothermique-de-bouillante-en-guadeloupe/2.-contexte-economique/2.1.-le-potentiel-energetique-du-site-geothermique-de-bouillante/a-2013-12019exploitation-de-la-centrale-de-bouillante/b-le-principe-de-fonctionnement-de-la-centrale-geothermique.html> (consulté de 05/03/2018)

Dominique a annoncé en 2016 que la Dominique se lancerait seule dans le projet d'exploitation, et confierait à DOMLEC la commercialisation de l'électricité à destination des populations locales. À l'heure actuelle, aucun chantier n'est en cours.

À Montserrat, deux forages exploratoires ont été effectués en 2013 par la société Iceland Drilling Company. Le premier à 2 300 mètres de profondeur et le second à 2 900 mètres. Le fluide s'y trouvant indique des températures de plus de 260°C. Sur cette île de 5 000 habitants, l'exploitation de la ressource subviendrait aux besoins en électricité de toute la population, permettant l'autonomie et l'indépendance énergétique de l'île, le tout dans des conditions très peu polluantes.

À Saint Kitts et Nevis les premières études exploratoires sur l'île de Nevis ont confirmé la présence d'un réservoir d'un potentiel de 500 MW. Un accord a été signé en 2008 entre le gouvernement et la société NEVLEC pour la création d'une centrale de 10 MW. Cette centrale utilisera les techniques EGS et ORC. La centrale n'a pas encore vu le jour et le projet a été repris par WIP. En parallèle, un projet d'interconnexion par câbles sous-marins pour le transfert de l'énergie géothermique entre les îles de Nevis et Saint Kitts est en cours de réflexion.

À Sainte Lucie des manifestations en surface de l'activité géothermale sont observables dans la région de Sulphur Springs où l'on retrouve des fluides à 175°C. Des campagnes d'exploration ont mis en évidence une ressource de 290°C. En revanche, la nature des fluides (trop acides) rend délicate leur utilisation.

Publiée en août 2015, la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) a pour objectif de mobiliser toutes les filières de la croissance verte, et tout particulièrement la géothermie, afin d'atteindre les objectifs européens et mondiaux concernant la lutte contre le dérèglement climatique et la préservation de l'environnement.

Pour répondre à cette problématique, la région Guadeloupe, la région Martinique, le Commonwealth de La Dominique, l'ADEME, l'Agence française de développement (AFD) et le BRGM, ont initié en 2008 le projet « Géothermie Caraïbe » soutenu par l'Europe (FEDER) dans le cadre d'un programme appelé INTERREG Caraïbes.

La première phase de ce projet (2008-2011) s'est centrée sur l'île de la Dominique. Elle a permis de caractériser le fort potentiel du champ géothermique de la Vallée de Roseau et de définir les conditions de son exploitation dans le respect de l'environnement. L'objectif étant de couvrir la totalité des besoins électriques de l'île grâce à la géothermie, avec des installations totalement intégrées, et d'exporter le surplus produit par câbles sous-marins vers la Guadeloupe au nord et la Martinique au sud.

La deuxième phase du projet « Géothermie Caraïbe » (2012-2015) vise à préparer les conditions nécessaires à la mise en œuvre d'un programme de développement de la production d'électricité géothermique à l'échelle de la Caraïbe. S'appuyant sur des cas concrets (Bouillante et Dominique), l'enjeu est de définir des méthodologies de travail pouvant être répliquées à d'autres îles de la Caraïbe. L'accent est notamment mis sur l'excellence environnementale avec le souci de développer de futurs projets de géothermie parfaitement intégrés dans leur environnement et acceptés par les populations locales.

Malgré la mise en évidence des potentiels géothermiques dans la plupart des îles des Antilles, peu, voire aucune exploitation n'a encore vu le jour. L'article de Laplaige de 2013 donne une revue détaillée et précise des ressources et projets de géothermie dans la Caraïbe. Il met également en évidence les contraintes liées à l'exploitation d'une telle ressource dans les îles de la Caraïbe, aux contextes particuliers, et fait ressortir trois freins majeurs :

- *« L'intégration environnementale. Les projets de géothermie sur des territoires insulaires, où l'espace est limité, peuvent entrer en conflit avec les exigences de protection des milieux naturels ou avec l'activité touristique qui constitue parfois le moteur économique de ces îles ;*
- *le manque de motivation économique des acteurs privés. Les puissances envisagées pour les projets géothermiques des îles sont trop faibles pour intéresser les développeurs habituels de projets de géothermie ;*
- *l'absence de politique à l'échelle des Petites Antilles (voire de la Caraïbe) pour la géothermie. Alors que les problématiques insulaires sont quasiment identiques, il n'existe pas d'approche commune de développement de la géothermie permettant de palier les contraintes et d'améliorer le cadre incitatif des projets. » (Laplaige et al., 2013).*

1.2. Géothermie, société et éducation

1.2.1. Représentations sociales de la géothermie d'après trois études

Le développement de projets relatifs à la géothermie aux Antilles et dans le monde a mené à la réalisation d'études sociétales, interrogeant les populations locales, et les différents acteurs de la géothermie. En effet, il est important de connaître et appréhender les conceptions et opinions des populations afin de comprendre les contraintes pouvant affecter le développement de ces technologies ou de projets industriels, de sensibiliser les populations et également d'adapter les enseignements.

Kępińska, en 2015 publie une étude sur les perceptions des énergies renouvelables (ENR) et de l'énergie géothermique sur des populations de sept pays d'Europe : la Hongrie, la Pologne, la Macédoine, la Roumanie, la Slovaquie, la Serbie et l'Italie. Selon cette étude, les facteurs déterminants pour l'identification des perceptions et de l'acceptation des ENR et de la géothermie sont de nature sociale, économique, environnementale, technologique et scientifique. L'étude réalisée interroge, par questionnaires, des experts de ces sept pays, sur leur ressenti vis-à-vis des populations de leur pays et établit des recommandations pour un partage des connaissances efficaces sur ces sujets. L'étude fait un bilan de :

- l'état des connaissances sur les ENR et la géothermie ;
- l'orientation des documents européens officiels, les stratégies et les obligations liées ;
- la connaissance sur les ENR et la géothermie au niveau local et leur utilisation ;
- l'acceptation sur l'utilisation des ENR et de la géothermie ;
- l'opinion des populations sur les coûts ;
- l'opinion des populations sur les besoins ;
- l'état des lieux de l'éducation et de la promotion qu'il est fait des ENR et de la géothermie ;
- la proposition des méthodes et d'outils concrets pour l'éducation aux ENR et à la géothermie destinés à divers publics.

La perception des populations sur chacun des points est estimée par des experts des différents pays et révèle que les connaissances générales sur les énergies renouvelables et leur possibilité d'utilisation sont très pauvres, encore plus lorsqu'il s'agit de la géothermie. En revanche, ces énergies sont relativement bien acceptées (figure 15).

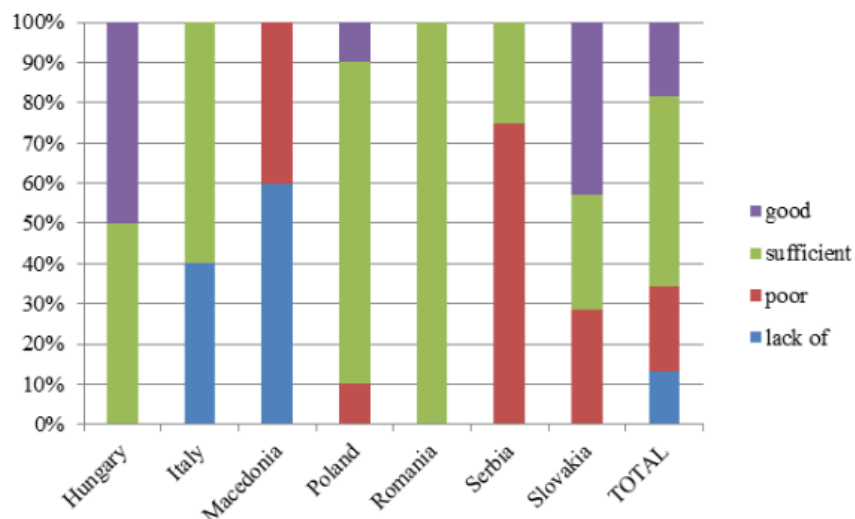


Figure 15 : Niveau d'acceptation publique de l'énergie géothermique (Kępińska, 2015)

Les utilisations possibles de la géothermie sont assez bien reconnues par les populations (toujours selon les experts) : balnéothérapie et loisirs, agriculture, chauffage et énergie. En dehors de l'Italie, l'énergie est tout de même l'utilisation de cette ressource qui est la moins citée (figures 16 et 17).

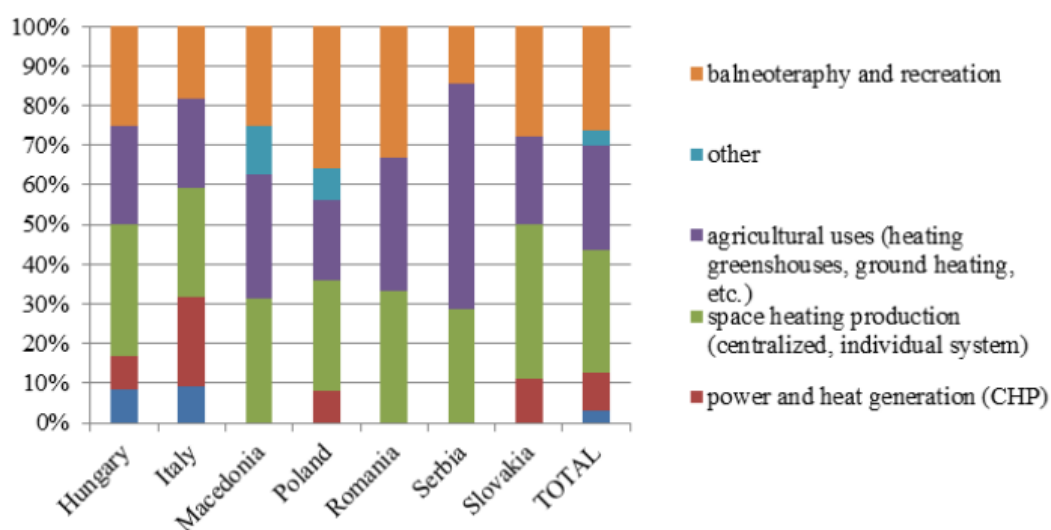


Figure 16 : Point de vue économique des meilleures utilisations de la géothermie (Kępińska, 2015)⁴

⁴ La figure est tirée de l'article de Kępińska (2015) et a été reprise telle qu'elle y figurait. Le manque d'une information dans la légende n'a pu être retrouvé, mais il ne perturbe pas la compréhension de la figure (il en est de même pour la figure 17)

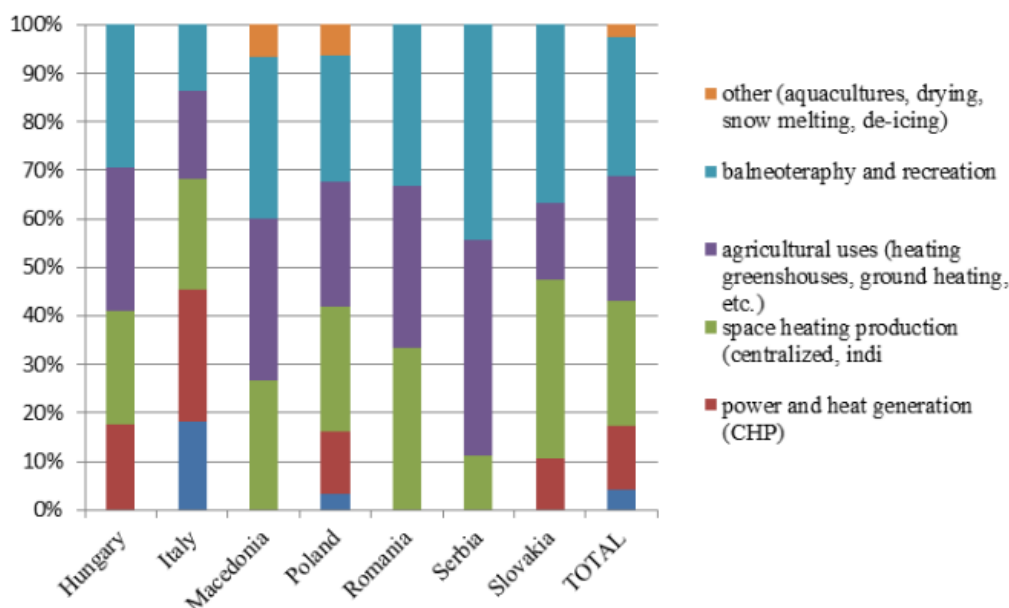


Figure 17 : Point de vue social des meilleures utilisations de la géothermie (Kępińska, 2015)

Les coûts sont considérés comme étant acceptables voir même faibles, sauf pour la Pologne qui considère le coût de telles installations comme élevé, sûrement parce que dans ce pays, les coûts d'exploitation du charbon sont très faibles.

En termes de communication, l'étude révèle que peu de choses sont mises en place par les politiques et les industriels. Généralement, les communications se font dans les localités où la géothermie est développée pour les activités de loisir, et donc déjà bien acceptée. Peu d'information concernant la promotion de la géothermie pour l'énergie, le développement durable, économique, et envers des projets de plus grande ampleur sont transmises. Aucune éducation ni information régulière n'a été menée qui serait associée à la stratégie générale du pays ou de la région.

L'étude souligne que dans certains cas, des informations contradictoires et non objectives sur les ressources, les capacités, l'utilisation, la satisfaction en termes de besoins énergétiques des pays, données au public par divers groupes ou individus influents, sont trop optimistes ou trop négatives. Cela peut créer des attentes trop élevées de la société, compromettant l'intérêt économique et technique de cette énergie perçu par les populations. Cela peut également décourager les investisseurs potentiels.

Enfin, l'accent est mis sur la promotion de l'éducation aux ENR et à la géothermie. L'étude affirme qu'il est essentiel de poursuivre des programmes réguliers de différents niveaux dans les écoles, les universités et les institutions académiques, afin de maintenir une main-d'œuvre professionnelle adéquate, nécessaire pour le développement optimal et rapide de sources d'énergies renouvelables géothermiques dans tous les pays (Kępińska, 2015).

Une autre enquête a été réalisée en 2014 par un bureau d'étude français pour l'ADEME, dans le cadre du projet « Géothermie Caraïbe » mentionné plus haut (BVA Group, 2014). L'enquête en deux parties consistait d'une part, à recueillir des informations par téléphone sur les conceptions et l'acceptabilité de la géothermie et des énergies renouvelables en Guadeloupe, Martinique et Dominique, auprès de riverains (questionnaires), et d'autre part, à approfondir les résultats des

questionnaires pour définir une démarche optimale d'acceptabilité de projets de développement de la géothermie auprès d'organismes, de leaders d'opinion et de riverains (entretiens téléphoniques ou en face à face). De manière très globale et résumée, il ressort de cette étude que la population a une bonne connaissance de ce qu'est la géothermie et y est plutôt favorable. Les Guadeloupéens veulent être mis à contribution dans le développement et l'exploitation de la ressource. Les Dominicains veulent être informés et craignent que cela génère de la pollution ou des catastrophes naturelles, et les Martiniquais veulent être plus informés sur les intérêts de cette énergie. Nous reviendrons plus en détail sur cette étude dans la discussion du deuxième chapitre.

Enfin, une troisième étude a été réalisée en 2008 dans des classes de primaire de Guadeloupe, dans les communes de Bouillante et du Gosier. Elle avait pour objectif de caractériser l'effet du contexte sur les conceptions d'élèves de 11 ans (CM2) vis-à-vis de la géothermie dans trois lieux différents en Guadeloupe et d'identifier l'effet de la proximité de l'usine sur ces dernières. Elle étudiait aussi la corrélation entre les conceptions des élèves et celles de leurs enseignants. Il en ressortait que les conceptions (connaissances et opinions) sont liées au lieu de vie de l'élève, mais que l'opinion de l'enseignant face à ce sujet, n'est pas reproduite par les élèves. Le contexte familial prédominerait sur le contexte de l'école pour ce qui est de la construction de l'opinion (Mazabraud et Forissier, 2010).

Durant les dernières décennies, les évolutions en termes de connaissances scientifiques, ont alimenté les démarches d'éducation. Les découvertes et avancées technologiques tout au long du temps ont permis d'enrichir l'enseignement. Il est d'ailleurs possible d'affirmer que l'enseignement s'adapte à l'histoire et au contexte.

Qu'en est-il de l'éducation à la géothermie, en particulier aux Antilles, où cette ressource pourrait contribuer à la transition écologique de ces îles ?

1.2.2. Enjeux sociétaux et didactiques

1.2.2.1. *L'histoire des géosciences, un fondement pour leur didactique*

L'étude de la Terre n'a été considérée comme science qu'à partir du XIX^{ème} siècle, sous le nom de géologie, toutefois, des préoccupations sur l'origine des fossiles, la formation des montagnes, la distribution des terres et des mers ont été rencontrées dans les ouvrages de plusieurs philosophes et poètes de l'Antiquité (Aristote, Ovide, Plin, etc.). Cette discipline a pris une tournure intéressante pour la communauté scientifique grâce aux premières théories sur la dérive des continents et la tectonique des plaques (Wegener, 1912). Cette hypothèse a été une véritable révolution dans l'histoire des géosciences et elle a été très controversée. Ainsi sa vérification a nécessité un travail convergent de toutes les disciplines en lien avec les sciences de la Terre telles que la sismologie, l'océanographie physique, la pétrologie, le paléomagnétisme, la géochronologie, la micropaléontologie, ou encore la géophysique (Endre, 1986).

Ces convergences possibles entre diverses disciplines ont constitué un tournant dans l'histoire des sciences de Terre, et de leur enseignement. Grâce à cela, l'interdisciplinarité est devenue une nécessité « *inévitabile, intrinsèque et organique* » du fait de la « *diversification accélérée des sciences* » et du « *besoin urgent de leur intégration* » (Endre, 1986). Les géologues Jules Bergeron

(1853-1919) et Albert de Lapparent (1839-1908) font partie des premiers scientifiques à avoir œuvré au décloisonnement des spécialités. Lapparent, par exemple, instaura l'enseignement de la géographie-physique en 1892. Giusti (2002) souligne que :

« La notion contemporaine de « géoscience » désigne l'ensemble des disciplines qui, de la géophysique interne à la géographie physique, contribuent à la connaissance de la planète Terre dans le cadre du nouveau paradigme de la tectonique globale [et a] pour ambition de dépasser les clivages hérités du passé académique de sciences concurrentes par leurs objets et méthodes propres ».

Dans sa revue sur l'enseignement des géosciences, King (2008) énonce plusieurs méthodes didactiques mises en place à travers le monde. Il expose, par exemple, une théorie née dans les années 70 appelée l'hypothèse « Gaïa » ou hypothèse biogéochimique (Lovelock et Margulis, 1974). Cette hypothèse permet de concevoir la Terre comme un système interconnecté au monde vivant, lui permettant de garder une harmonie et un équilibre. Cette théorie, inspirée de la pensée systémique, a permis la naissance de programmes de sciences basés sur le système Terre. Effectivement, les problèmes environnementaux et sociaux grandissants dans notre société peuvent être traités, selon ces théories, par les sciences de la vie et de la Terre, les plaçant ainsi comme à la base de l'enseignement des sciences. Une approche d'éducation aux sciences par le système Terre a été développée : Program for Leadership in Earth Systems Education (Mayer, 1991) aussi appelé « *global science literacy* » que nous traduirons par « culture universelle aux sciences ». Cette approche a été testée en premier lieux aux Etats-Unis, en Israël et en Allemagne. Elle a révélé que les étudiants ayant abordé les sciences de cette manière avaient augmenté leur compétence de réflexion systémique. Cette approche holistique permet aux apprenants d'établir des liens entre les disciplines à tous les niveaux d'étude.

Le débat sur le choix du terme désignant l'étude de la Terre et de sa science est toujours bien d'actualité dans la communauté didactique. Les travaux du INHIGEO - International Commission on the History of Geological Sciences (fondé en 1967) et du COFRHIGEO - Comité français d'histoire de la géologie (créé en 1976), ont pour objectif de reconstituer l'histoire des sciences géologiques. Les disciplines constituant les géosciences sont toujours très divisées et il semble encore bien délicat, dans l'enseignement, de les rassembler sous une même discipline générale. Cependant, des acteurs prônant le développement et la banalisation de l'éducation aux géosciences travaillent à faire changer les choses. Dans cette optique de décloisonnement des disciplines, l'Association of Teachers of Geology de Grande Bretagne a changé de nom en 1989 pour celui de Earth Science Teachers' Association et aux Etats-Unis, le National Association of Geology Teachers' a évolué vers le National Association of Geoscience Teachers' en 1995 (King, 2008). En revanche, en France, l'APBG (Association des professeurs de biologie et de géologie) conserve un lien entre les sciences de la vie et de la Terre, en harmonie parfaite avec l'organisation scolaire des disciplines.

En France, l'organisation des matières et les contenus des programmes jusqu'au secondaire n'inclut pas ou très peu les géosciences. Celles-ci, sont associées aux Sciences de la Vie et de la Terre. Tout comme la géographie, associées à l'Histoire ou encore la chimie associée à la physique, les sciences de la vie et de la Terre en France se structurent en doublons. Les spécialistes physiciens, historiens ou encore biologistes voulant enseigner, sont dans l'obligation d'enseigner également le deuxième volet lié à leur discipline de prédilection, qui souvent ne correspond aucunement à leurs

intérêts initiaux. De part cette organisation, les sciences de la Terre peuvent bien souvent ne pas être approfondies, et ne susciter que peu d'intérêt auprès des élèves. Dans plusieurs pays, les programmes nationaux prévoient l'enseignement de notions de géosciences incluses dans une autre discipline. En Europe, il s'agit des sciences naturelles, généralement enseignée par des spécialistes de biologie, en Angleterre, les géosciences sont abordées par les enseignants de chimie. En Asie (Japon, Corée et Taiwan), elles sont enseignées par les professeurs de sciences générales. Dans certains pays du Nord de l'Europe elles sont enseignées par des spécialistes en géographie (King, 2008).

Cependant, la fiabilité des textes proposés aux enseignants est souvent critiquée. Par exemple, en Angleterre, sur 51 livres de géosciences analysés, tous comportent au moins une erreur par page, ainsi qu'un contenu ne couvrant pas la totalité des préconisations du programme national (King, Fleming, Kennett et Thompson, 2003, 2005). Or, les enseignants de sciences ont un bagage en sciences de la Terre qui est très pauvre et basent donc leur enseignement sur les livres ou manuels scolaires (King, 2001). Les enseignements de la géologie et des géosciences ne reflètent parfois pas ce qui est prévu par les prescrits.

La géothermie est une science récente et ce n'est que depuis quelques années qu'il existe des formations spécifiques à cette science en plein essor. Les avancées dans le développement scientifique et technologique qu'elle subit, reflètent celles en lien avec le développement durable et l'amplification de l'inquiétude pour le réchauffement climatique. Cependant, le besoin de professionnels dans le domaine, trop précoce vis-à-vis du temps nécessaire pour la création de formations et d'enseignements, a nécessité la reconversion de personnes souvent issues d'autres disciplines des géosciences.

Les acteurs de la recherche ou de l'industrie pétrolière sont parfois les plus à même d'exercer les métiers de la géothermie profonde, en raison des similitudes techniques entre les deux industries. Par ailleurs, les politiques globales de transition énergétique et le changement des croyances et valeurs peuvent facilement amener ces personnes à se reconvertir dans les domaines plus viables et responsables. La géothermie est alors le domaine qui se présente à eux de manière très logique. Dans l'industrie du bâtiment également, les attitudes changent et les professionnels s'orientent parfois vers des installations individuelles de chauffage moins coûteuses et moins polluantes. La géothermie de basse ou très basse énergie est alors une alternative pouvant répondre à ces enjeux.

Ces changements nécessitent une adaptation des programmes scolaires nationaux et internationaux mais aussi la création de formations supérieures, et formations professionnalisantes répondant aux besoins de développement de cette technologie. De manière plus générale, la transition écologique passe notamment par le développement des métiers de l'environnement et des énergies renouvelables et donc par la création d'une éducation à ces métiers.

1.2.2.2. L'éducation aux géosciences et à la géothermie

Revue des notions reliées à la géothermie dans les prescrits nationaux de l'enseignement obligatoire

À l'école élémentaire, les géosciences sont très peu présentes. Selon le site du Ministère de l'Éducation nationale (<http://www.education.gouv.fr>, consulté le 17/05/2018), un des domaines du socle commun des connaissances, des compétences et de la culture en primaire concerne les

sciences naturelles et techniques. Ce domaine a pour objectif de sensibiliser l'élève à l'approche scientifique et technique des sciences de la Terre et de l'univers, de l'aider à développer sa curiosité, son sens de l'observation et de l'initier à la résolution de problèmes. Seulement 78 heures par an sont consacrées aux sciences expérimentales et technologiques, du CE2 au CM2. Il n'y est pas fait mention de disciplines liées aux géosciences ou à la géologie, mais celles-ci peuvent être abordées par des activités, telles que des petites expériences ou encore des sorties. Par exemple, Santini et Crépin-Obert (2015) comparent des approches théoriques didactiques en analysant des expérimentations, l'une sur l'étude des fossiles au CM1, et l'autre sur l'apprentissage du mécanisme des séismes au CM2. L'association « La main à la pâte » créée en 1995, développe l'enseignement des sciences et technologies auprès des écoliers en favorisant la démarche d'investigation scientifique, l'exploration du monde, et les expériences. Parmi les supports d'activité créés par cette association figurent certaines en lien avec les géosciences ou l'environnement comme « *Quand la Terre gronde* », sur les risques naturels par exemple. En revanche, cette activité est la seule disponible actuellement qui présente un lien avec les sciences de la Terre (www.fondation-lamap.org, consulté le 17/05/2018).

Par ailleurs, toujours selon le site du ministère de l'éducation nationale (<http://www.education.gouv.fr>, consulté le 17/05/2018), depuis 1977, l'éducation à l'environnement, devenue par la suite l'éducation au développement durable, aborde les notions de changement climatique et d'énergies renouvelables, depuis l'école élémentaire jusqu'au baccalauréat. Cette éducation s'introduit de manière transversale dans les programmes des disciplines existantes, par le biais de thèmes, de chapitres, ou encore d'activités. Par exemple, au CM2, un des objectifs de l'enseignement des sciences expérimentales et technologique est de sensibiliser les élèves à des solutions alternatives pour agir sur la pollution de l'air, les termes de réchauffement climatique et d'effet de serre sont abordés. Un autre exemple concerne l'enseignement de la géographie au CE2, les programmes scolaires préconisent des enseignements en lien avec les déchets et le recyclage.

Au collège, les notions nécessaires à la compréhension de la géothermie sont plus présentes. En sixième, en sciences et technologies, les objectifs du thème « *Matière, mouvement, énergie et information* » sont de reconnaître les différentes sources d'énergie, et de connaître quelques conversions d'énergie (énergie électrique, énergie thermique). Un autre thème : « *La planète Terre. Les êtres vivants et leur environnement* », s'intéresse aux phénomènes géologiques traduisant l'activité interne de la Terre (volcanisme, séismes) et aussi à la géologie locale et à ses interactions avec l'environnement et le peuplement.

En 5^{ème}, 4^{ème} et 3^{ème} (cycle 4), un des chapitres du programme de physique chimie s'intitule « *L'énergie et ses conversion* » et s'intéresse aux différentes sources et moyens de produire de l'énergie ainsi qu'à la transformation des différents types d'énergies. Dans le programme de SVT, le chapitre intitulé « *Des phénomènes géologiques et leur contexte géodynamique global* » aborde les notions de séismes, volcanismes, de plaques tectoniques et leurs relations. Le chapitre nommé « *Les principaux enjeux de l'exploitation d'une ressource naturelle à différentes échelles* » aborde les notions de ressources renouvelables, mais s'oriente essentiellement vers les ressources en eau et en sol (pour l'agriculture).

La description de notions utiles à la compréhension de la géothermie se fait très tôt dans le cursus scolaire, et nous constatons qu'elles sont transverses à plusieurs disciplines. L'enseignement intégré

des sciences et technologies (EIST) est un enseignement conjoint de trois disciplines en sixième et en cinquième : sciences de la vie et de la Terre, physique-chimie et technologie, permettant un découplage disciplinaire. Il a été expérimenté entre 2006 et 2010 et a montré une pertinence pédagogique favorisant l'acquisition de compétences et de connaissances, et renforçant le goût des collégiens pour les sciences et la technologie (Bulletin officiel n°26 du 30 juin 2011⁵). Mais cependant, il concerne un nombre restreint de collèges volontaires et n'est pas encore très développé. D'après le Bulletin Officiel n°27 du 2 juillet 2015⁶ :

« Les établissements qui ont mis en place l'enseignement intégré de science et technologie (EIST) peuvent le poursuivre dans ce cadre. Cet enseignement peut également être poursuivi en classe de cinquième. Ce n'est pas pour autant une modalité d'enseignement généralisée : ce choix reste du ressort des équipes. »

En seconde, les notions pouvant servir pour la compréhension de la géothermie sont présentes uniquement en SVT. Le chapitre intitulé « *Enjeux planétaires contemporains* », aborde les notions d'énergie solaire et d'énergies fossiles et leur impact environnemental ainsi que quelques énergies renouvelables.

En première et en terminale, l'enseignement des sciences varie selon la série choisie par l'élève. Nous détaillerons ici uniquement le programme de la série scientifique (S).

En première S, trois thèmes sont proposés en SVT. La partie B du thème 1 « *La Terre dans l'Univers, la vie et l'évolution du vivant* » s'intéresse au modèle de la tectonique des plaques et à son histoire. La partie A du thème 2 « *Enjeux planétaires contemporains* » concerne la tectonique des plaques et la géologie appliquée. En dehors de ces prescrits nationaux, un concours relatif aux géosciences est organisé : les olympiades nationales de géosciences sont ouvertes aux lycéens de première des séries scientifiques. Elles ont pour objectifs de :

*« développer le goût des sciences chez les lycéens ; favoriser l'émergence d'une nouvelle culture scientifique autour des géosciences ; mettre en avant la dimension pluridisciplinaire des géosciences ; souligner le lien étroit entre les géosciences et l'éventail des métiers qui leur sont associés. »*⁷

En terminale S le programme de physique-chimie contient deux thèmes pouvant être en lien avec la géothermie : « *Énergie, matière et rayonnement* » et « *Économiser les ressources et respecter l'environnement* ». Le premier aborde les notions de capacité thermique, de transfert thermique (conduction, convection, rayonnement) et de flux thermique (résistance thermique). Le second questionne l'élève sur les défis rencontrés par l'Homme dans sa volonté de développement et de préservation de la planète. Des éléments sur le bilan énergétique dans le domaine de l'habitat et les solutions d'économie d'énergie sont amenés.

⁵ Cf. <http://www.education.gouv.fr/cid56640/mene1115481c.html>, consulté le 01/08/2018 (Ministère de l'Éducation nationale, 2011)

⁶ Cf. http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=90913 consulté le 01/08/2018 (Ministère de l'Éducation nationale, 2015)

⁷ Cf. <http://eduscol.education.fr/cid46899/olympiades-nationales-de-geosciences.html%20> consulté le 18/05/2018

Le programme d’SVT de terminale S est composé de trois thèmes. La deuxième partie du thème 1 « *La Terre dans l’Univers, la vie, l’évolution du vivant* » s’intitule : « *Le domaine continental et sa dynamique* ». Il contient les chapitres suivants :

- 1 : « *La caractérisation du domaine continental : lithosphère continentale, reliefs et épaisseur crustale.* »
- 2 : « *La convergence lithosphérique : contexte de la formation des chaînes de montagnes.* »
- 3 : « *Le magmatisme en zone de subduction : une production de nouveaux matériaux continentaux.* »

Selon le Bulletin officiel spécial n° 9 du 30 septembre 2010, la première partie du thème 2 « *Enjeux planétaires contemporains* » est quant à elle explicitement consacrée à des notions relatives à la géothermie. Elle s’intitule : « *Géothermie et propriétés thermiques de la Terre* » et reprend certaines notions de la discipline physique-chimie : flux thermique, convection, conduction, énergie géothermique (Ministère de l’Éducation nationale, 2010).

Un extrait officiel du programme d’enseignement de terminale S sur le thème « *Géothermie et propriétés thermiques de la Terre* » détaille tous les acquis des élèves sur les notions en lien avec la géothermie. Ce détail est reporté dans le tableau ci-dessous (tableau 4). Selon cet extrait, les objectifs du thème pour les élèves sont de comprendre le fonctionnement interne global de la planète et de prendre conscience que la géothermie est une ressource énergétique quasiment inépuisable, utilisable par l’Homme (Ministère de l’Éducation nationale, 2012).

Tableau 4 : Récapitulatif des différentes notions en lien avec la géothermie dans la formation scolaire (Ministère de l’Éducation nationale, 2012)

Notion	Niveau	discipline
Énergie renouvelable	3 ^{ème}	SVT
	2 ^{nde}	SVT, SES, Géographie
	1 ^{ère} S	Physique
Radioactivité	1 ^{ère} S	Physique
	T ^{le} S	SVT
Gravimétrie	1 ^{ère} S	Physique
	T ^{le} S	SVT
Magmatisme	1 ^{ère} S	SVT
	T ^{le} S	SVT
Transfert thermique, dissipation et conversion d’énergie	2 ^{nde}	Physique
	1 ^{ère} S	Physique
	T ^{le} S	Physique
Modèle de tectonique des plaques	4 ^{ème}	SVT
	1 ^{ère} S	SVT
Modélisation	4 ^{ème}	SVT
	2 ^{nde}	SVT
	1 ^{ère} S	SVT
Structure du globe	T ^{le} S	SVT

Aperçu de la géothermie dans l'enseignement supérieur

L'Onisep⁸ recommande pour le métier d'ingénieur géothermicien de réaliser un master ou diplôme d'ingénieur en géologie, hydrogéologie, géosciences et exploration ou en ingénierie thermique et énergie. D'autres organismes proposent des fiches métier sur l'ingénieur géothermicien préconisant de faire une formation master en géologie, dans les secteurs techniques ou scientifiques. Par exemple, l'École nationale supérieure en environnement, géoressources et ingénierie du développement durable (École d'ingénieurs à Pessac, France), ou encore l'École normale supérieure de géologie de Nancy (ENSG) possèdent ce type de formation.

Le site de référence français sur la géothermie, créé par l'ADEME (www.geothermie-perspectives.fr), répertorie toutes les formations permettant de travailler dans le domaine de la géothermie allant du BTS jusqu'aux études doctorales (tableau 5).

Tableau 5: Liste des formations supérieures françaises dans le domaine de la géothermie, d'après <http://www.geothermie-perspectives.fr/article/formations-initiales-en-geothermie-apres-bac>

Bac +2	BTS	Fluides, énergie, environnement, domotique (4 en Guadeloupe)
		Génie climatique
		Génie frigorifique
		Maintenance et gestion des systèmes fluidiques et énergétiques
	DUT	Technologie en Génie Thermique et Energie (Orléans)
Bac +3	Licence pro	Énergie et génie climatique
		Sciences et technologies de la maîtrise de l'énergie et des énergies renouvelables
		Sciences et technologies des énergies renouvelables : systèmes électriques
		Valorisation des énergies renouvelables et techniques énergétiques
Bac +5	Diplôme d'ingénieur	Université de Poitiers, spécialité énergie
		Université de Nantes, spécialité thermique énergétique
		Université d'Orléans, spécialité énergétique
		Institut polytechnique de Grenoble - Ecole nationale supérieure de l'énergie, de l'eau et de l'environnement
		École et Observatoire des Sciences de la Terre de l'Université de Strasbourg
		École Nationale Supérieure en Environnement, Géoressources et Ingénierie du Développement durable de Bordeaux
	Master	Sciences de la terre, des planètes et environnement, spécialités Hydrologie, hydrogéologie et sols
		Bassins sédimentaires, ressources et paléoclimats
		Environnement et génie géologique, Université de Paris Saclay
		Géosciences, spécialité géologie des réservoirs, universités de Montpellier 2 et de Provence Aix-Marseille
		Hydrogéologie et géothermie, université de Neuchâtel, SUISSE
Bac +6	Master	Master Capteurs et Géosciences de l'université d'Orléans
Autre	DU	Diplôme Universitaire (DU) Gestion de projets en géothermie

⁸ Organisation nationale d'information sur les enseignements et les professions Cf. <http://www.onisep.fr/Ressources/Univers-Metier/Metiers/geothermicien-geothermicienne> (consulté le 18/05/2018).

En dehors des BTS, dont les aboutissements sont plutôt en lien avec la géothermie de basse énergie, aucune des formations citées ne peut se faire en Guadeloupe ou aux Antilles françaises. Ce constat peut expliquer en partie le faible attrait porté vers ces formations, mais surtout vers les métiers de la géothermie, par les étudiants de ces îles. Cela peut constituer un frein pour le développement local de telles industries.

Aperçu de la géothermie dans l'enseignement professionnel

En dehors des formations supérieures en géothermie, des formations plus courtes existent, destinées à des professionnels de la construction ou du bâtiment pour se familiariser avec des installations géothermiques. Encore une fois, ces formations concernent surtout le développement de compétences pour la géothermie de basse énergie (www.géothermie-perspectives.org).

Par exemple, le BRGM en partenariat avec L'ADEME propose des formations spécifiques courtes destinées à des professionnels, pour la production de chaleur à usage direct et pour la production de chaleur et de froid assisté par pompe à chaleur. Ces formations à la géothermie de surface ont pour objectifs d'aider des acteurs (maîtres d'ouvrages, architectes, constructeurs, personnels du bâtiment, de l'énergie, bureau d'études, conseillers...) dans la compréhension ou la réalisation d'ouvrages avec installations géothermiques. Elles peuvent également permettre d'acquérir différentes qualifications reconnues, comme par exemple la mention RGE (Reconnu garant de l'environnement). Il existe par ailleurs d'autres formations courtes organisées par différents organismes (APAVE, CETIAT, CFI, NEGWATT...) principalement axées autour des pompes à chaleur. Mais encore une fois, aucune des formations citées n'est dispensée en Guadeloupe ou dans les Antilles.

Dans une autre approche, certaines universités et écoles en France proposent des formations à distance en lien avec la géologie ou la géothermie, mais ces formations ne procurent aucun diplôme. Au niveau international, certaines universités proposent des formations à distance sur des domaines en lien avec la géothermie. Par exemples, Bircham International University propose des formations payantes dans le domaine de la géologie. D'autres université proposent des formations diplômantes et gratuites à distance comme le MIT et Yale aux États-Unis ou encore l'université de Stanford et Open University en Angleterre (Raymi, 2017).

Finalement l'éducation à la géothermie peut se faire à différents niveaux de la société. Les pays développant cette énergie tentent de sensibiliser les populations locales par différents moyens. Par exemple, certains musées au Québec utilisant cette énergie, fournissent des informations sur la ressource, même si la géothermie n'est pas l'objet culturel visé par l'établissement. En Islande, et dans certains pays européens, la géothermie constitue un loisir en plus d'une ressource énergétique (centre de balnéothérapie, spa, piscines...). Les programmes scolaires français contiennent certains concepts liés à la géothermie à partir du collège. La filière scientifique du lycée comporte un chapitre consacré à ce concept. Enfin, des formations post-bac permettent d'acquérir des diplômes de différents types relatifs à la géothermie de basse ou de haute température. En revanche, ces formations sont quasiment inexistantes en Guadeloupe. Nous essaierons de comprendre par cette thèse comment les populations de jeunes aux Antilles perçoivent la géothermie, quelles en sont leurs conceptions, et comment construire une éducation à cette discipline dans le contexte antillais. Nous allons donc maintenant développer les concepts de didactique qui permettront d'étudier, d'analyser

et de comprendre ces phénomènes. Dans un premier temps, nous nous intéresserons aux théories relatives à l'apprentissage des sciences, puis nous parlerons ensuite des liens entre contexte et enseignement.

1.3. La didactique des sciences

Nous plaçons notre travail dans le cadre des sciences de l'éducation, et plus précisément dans celui de la didactique des sciences. La didactique des sciences s'est développée grâce aux apports de diverses autres disciplines : l'épistémologie des sciences, l'histoire des sciences, mais aussi la psychologie et la sociologie, qui ont contribué à la construction de théories sur l'enseignement des sciences et sur la compréhension des apprentissages. Les processus d'enseignements et d'apprentissages sont donc ici considérés comme deux facettes devant être étudiées conjointement.

1.3.1. Une approche épistémologique de la didactique des sciences

1.3.1.1. Quelques courants épistémologiques

Les didacticiens comparent souvent l'apprentissage en sciences aux démarches appliquées par les scientifiques (Astolfi, Darot et Ginsburger-Vogel, 1997). Un parallèle est établi entre les théories relatives à l'évolution de la pensée scientifique et celles concernant la construction de l'esprit scientifique d'un individu. Les recherches sur la « nature des sciences » ou « *nature of sciences* » (Lederman, 2006; Maurines, Fuchs-Gallezot, Ramage et Beauvils, 2013) s'intéressent à la dimension épistémologique de l'apprentissage et mettent l'accent sur la transmission non pas uniquement de savoirs scientifiques, mais aussi d'une démarche scientifique. Il s'agit de « *distinguer les objectifs d'enseignement relatifs aux connaissances en sciences de ceux relatifs aux connaissances sur les sciences* » (Maurines et al., 2013).

« La formation de l'esprit scientifique est l'une des missions essentielles de l'enseignement des sciences. L'acquisition d'une démarche rationnelle, objective et rigoureuse, jointe à la formation de l'esprit critique, arme les élèves de puissants instruments pour aborder des problèmes qui dépassent de beaucoup le seul cadre scientifique » (Cariou, 2002, p. 1).

L'étude des modèles épistémologiques en sciences peut être une piste pour la compréhension de processus cognitifs lors d'apprentissages, et être une ressource pour l'enseignement. Différents modèles épistémologiques ont vu le jour au cours de l'histoire. Les travaux de philosophes et savants tels que Francis Bacon (1561-1626), René Descartes (1596-1650) ou encore d'Isaac Newton (1642-1727) ont contribué à la théorisation d'idées ayant conduit à la création des mouvements épistémologiques. Un des principaux courants est l'inductivisme. Il est fondé sur le fait que les connaissances découlent de l'observation, en faisant abstraction des idées préconçues (Bacon, 1620). L'empirisme moderne, s'opposant à l'inductivisme, se base, quant à lui, sur l'idée que toute découverte ou connaissance est fondée sur l'expérience. Une observation répétée d'un événement ou d'une expérience permet d'en déduire une généralité, permettant d'aller du concret à l'abstrait. Claude Bernard (1813-1878), initiateur de la méthode ou démarche expérimentale, est le premier à argumenter ce concept. Il base ses théories sur l'emploi indispensable d'hypothèses pour justifier la mise en place d'expériences. Dans son livre « *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* » (1865), il décrit l'empirisme comme « *un donjon étroit et abject d'où l'esprit emprisonné ne peut s'échapper que sur les ailes d'une hypothèse [...] la méthode expérimentale [...] repose toute entière sur la vérification expérimentale d'une hypothèse scientifique* ». Il créa ainsi le schéma Bernardien, dans lequel une observation permet de générer une ou plusieurs hypothèses pouvant ensuite

admettre la mise en place d'une expérience (Bernard, 1865). « *La science ne commence que s'il y a problème* » (Popper, 1963), un questionnement initial engendre l'élaboration d'hypothèses. Initiateur du courant falsificationniste, Popper établit des théories sur la manière dont des hypothèses ou conjectures peuvent être réfutées. Ainsi, toute découverte scientifique ne peut être acceptée que si elle remet en cause les théories construites sur la base d'anciennes expériences. Cette théorie prônée par Kuhn, décrit un courant, qu'il nomme le « *courant des révolutions scientifiques* » (Kuhn, 1962; Kuhn et Meyer, 1983). Ce paradigme met au jour le fait que les normes dans lesquelles les sciences sont pratiquées et acceptées dans des groupes de scientifiques pré-orientés, peuvent nuire à leur objectivité et à leur exactitude.

« Les hommes dont les recherches sont fondées sur le même paradigme adhèrent aux mêmes règles et aux mêmes normes dans la pratique scientifique. Cet engagement et l'accord apparent qu'il produit sont des préalables nécessaires de la science normale, c'est-à-dire de la genèse et de la continuation d'une tradition particulière de recherche » (Kuhn et Meyer, 1983, p. 3).

La didactique des sciences est ainsi parfois étudiée sous un angle épistémologique donnant lieu à des théories fondées sur les liens entre, d'une part le développement des connaissances scientifiques ou l'épistémologie des sciences et, d'autre part les techniques d'enseignement. C'est en partie de ces recherches, que sont nées la démarche d'investigation, l'approche par problématisation ou encore la démarche hypothético-déductive pour l'enseignement des sciences expérimentales.

La démarche hypothético-déductive, qui s'oppose à la méthode inductive consiste à émettre des hypothèses, à recueillir des données, puis à tester les résultats obtenus pour réfuter ou appuyer les hypothèses. Dans cette approche, le sigle OHERIC établi par Giordan (1976, 1978) a été une révolution dans le domaine de l'enseignement des sciences. Giordan argumente les théories de Claude Bernard et y ajoute trois notions : Résultat, Interprétation et Conclusions. Ce schéma, adopté par une grande communauté de didacticiens, a toutefois été largement controversée, y-compris par Giordan lui-même.

« La démarche expérimentale [...] est très souvent défigurée en classe. [Elle] est proposée au travers d'un schéma simplifié OHERIC (Observation, Hypothèse, Expérience, Résultat, Interprétation, Conclusion) [...] rien n'est plus faux de concevoir la démarche expérimentale ainsi. Idéalisé, trop beau pour être vrai, c'est une reconstruction par la pensée à posteriori du travail du chercheur » (Giordan, 1999, p. 49).

Par exemple, le sigle OHERIC ne prend pas en compte l'existence d'un problème à résoudre. Ainsi, une alternative a été proposée par la suite : OPHERIC (Brunet, 1998). Certains auteurs pointent le fait que l'observation neutre n'existe pas et ne peut donc pas se trouver à l'origine de la démarche. Le point de départ est caractérisé par le problème : PHERIC (Coquidé, 1998) ou la théorie : THEORIC (Clément, 1998). Certaines descriptions demeurent linéaires, mais des auteurs envisageant plusieurs hypothèses et cheminements possibles pour les éprouver. Develay (1989) introduit après la formulation d'hypothèses, une vérification de ces hypothèses par l'expérimentation et prend en compte les éventuelles fausses pistes permettant de revenir en arrière dans la méthode, que les modèles linéaires reflètent peu. Des bifurcations et voies parallèles sont ainsi proposées. Ainsi, Cariou (2002) présente un « *modèle simplifié et approximatif de la démarche scientifique*

hypothético-déductive » (p. 19), qui prend en compte la dimension épistémologique de la démarche en s'inspirant du travail de laboratoire effectué par les scientifiques, et dont le cheminement permet des bifurcations et retour en arrière possible. Il instaure le sigle DiPHTeRIC (Données initiales, Problème, Hypothèse, Test, Résultats, Interprétation, Conclusion), sans prétendre à décrire la réalité complexe de la démarche utilisée par les chercheurs.

Finalement, ces différentes structures méthodologiques de la démarche expérimentale, mettent en œuvre par différents moyens une démarche de réponse à une question. Répondre à une question scientifique constitue l'un des principaux éléments de la démarche d'investigation.

1.3.1.2. Démarche d'investigation et didactique de la géologie

En 1996, aux États-Unis, le comité national pour l'éducation aux sciences « *préconisait de fonder l'enseignement des sciences sur l'élaboration de situations de classe dans lesquelles les élèves soient amenés à conduire leurs propres investigations (Inquiry)* » (Sanchez, 2008). En Angleterre, c'est en 1999 que le programme national pour l'éducation aux sciences intègre le terme de « *scientific enquiry* » ou investigation scientifique pour tous (Sanchez, 2008).

En France, le terme investigation semble avoir été introduit dans l'enseignement par le Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale n°23 (Ministère de l'Éducation nationale, 2000) qui définit le Plan de Renovation de l'Enseignement des Sciences et de la Technologie à l'École, (Sanchez, 2008). Désormais, « *dès l'école maternelle, les enfants sont initiés à la démarche d'investigation qui développe la curiosité, la créativité, l'esprit critique et l'intérêt pour le progrès scientifique et technique.* »⁹.

Le Réseau mondial des académies des sciences définit l'enseignement par l'investigation comme une démarche selon laquelle les élèves mettent en application des compétences similaires à celles utilisées par les scientifiques. Cette démarche est constituée des étapes suivantes : un questionnement, une collecte de données, un raisonnement et une interprétation des données grâce à des connaissances disponibles, afin de tirer des conclusions (Harlen, 2013). Il s'agit de rendre l'élève actif dans son apprentissage.

Les travaux de Chang (2001), cités dans King (2008), montrent que les étudiants en géosciences ont de meilleurs résultats et des comportements plus positifs face à cette matière lorsque l'enseignement est basé sur l'investigation, en comparaison avec les enseignements plus traditionnels. Sanchez (2008) précise le sens de démarche d'investigation et identifie « *les éléments à prendre en compte pour que les élèves soient en mesure de s'engager dans un travail d'investigation scientifique de manière autonome.* » Son article, s'inscrivant dans le cadre d'une expérimentation pédagogique en géologie, vise également à établir les liens entre investigation et modélisation. Sanchez identifie deux étapes clés de la démarche d'investigation : le moment consacré à la conception d'un protocole, dans lequel le modèle permet de prévoir le réel et de préparer les observations, et le moment consacré la vérification de l'adéquation du modèle, dans lequel les observations sont comparées au modèle. Selon lui, l'élaboration de modèles permet d'alimenter la

⁹ Cf. <http://www.education.gouv.fr/cid54197/l-enseignement-des-sciences.html> (consulté le 12/04/2018)

démarche d'investigation, les situant à une position centrale de la démarche d'investigation. « *Les modèles sont des élaborations conceptuelles liées à la résolution d'un problème scientifique et la modélisation est un processus de mise en relation d'éléments empiriques et théoriques* » (Sanchez, 2008).

Sanchez prône également l'utilisation du réel pour la construction des connaissances en sciences, en plus de la démarche d'investigation couplée à la création de modèles. Il inscrit les élèves dans une démarche de confrontation au réel avec, pour support d'observation, le terrain. L'investigation par le terrain en sciences de la Terre est actuellement un outil largement utilisé pour la compréhension de phénomènes géologiques allant des échelles macroscopiques à microscopiques. Il décrit la démarche d'investigation comme un ensemble de tâches conduisant à la mise en relation des résultats d'investigation empiriques avec des éléments théoriques constitutifs de modèles scientifiques de référence.

D'autres didacticiens des sciences de la Terre placent les modèles au cœur de l'apprentissage des connaissances scientifiques. Dercourt et Paquet (2002) expliquent que la méthodologie adaptée pour comprendre les concepts de géologie consiste à partir de faits ou d'objets observables (terrain, laboratoire), d'en tirer des modèles, et de revenir aux faits. Il incorpore à sa méthodologie « *les faits nouveaux essentiels à la compréhension de la planète Terre [...] des approches nouvelles de la géophysique, géochimie et géologie ; données océanologiques, données spatiales* » qui sont des connaissances nouvelles devenues indispensables pour l'étude de la planète Terre. Dans cette même approche, son livre de 2006, présente l'enseignement de la géologie en associant « *les objets géologiques, à toutes les échelles, aux méthodes d'analyses et aux modèles qu'elles autorisent* ». Selon lui, chacun peut partir de son environnement pour trouver les exemples adaptés aux différents concepts, ou modèles proposés. (Dercourt et al., 2006). Il souligne également que durant les dernières décennies, « *la géologie a évolué rapidement et des révisions permanentes sont imposées* ».

Orion et Ault (2007) mettent en exergue différentes approches pour la didactique des géosciences telles que l'enseignement centré sur l'élève, la démarche d'investigation, l'utilisation de supports variés (terrain, laboratoire, sur des plateformes numériques), la confrontation au réel avec des enseignements authentiques, et la mise en place d'évaluations innovantes. La démarche d'investigation qui constitue une des facettes de l'idée d'enseignements authentiques, a été également argumentée par Schwartz. Il propose le terme de démarche d'investigation authentique et la décrit comme étant la véritable démarche d'investigation mise en œuvre dans le monde scientifique. Les enseignements basés sur l'authenticité ont pour objectifs, selon lui, la compréhension des concepts et également leur implication dans un contexte réel (Schwartz, Lederman et Crawford, 2004). Newmann, Marks et Gamoran (1996) établissent une définition d'un apprentissage authentique comme étant basé sur trois critères :

- (1) une construction des connaissances par l'apprenant et non une simple reproduction ;
- (2) une enquête ou une investigation disciplinaire (« *Disciplined Inquiry* ») dans laquelle :
 - o une base de connaissances préalables doit être utilisée, regroupant des notions ou concepts pouvant provenir de différentes disciplines par exemple ;

- une compréhension approfondie d'un problème, qui nécessite que l'apprenant cherche, teste, et crée des relations entre les éléments ;
 - Une communication élaborée avec une création de moyens de formulation des résultats ou des conclusions sous différentes formes pouvant être nuancés et mener à des discussions ou débats ;
- (3) une valeur de la production au-delà de l'école, qui permet à l'apprenant de ne pas avoir comme résultat de son apprentissage une simple note indicatrice de réussite scolaire mais un produit avec une valeur spéciale.

1.3.2. La psycho-didactique

La didactique des sciences base certaines de ces théories sur les sciences cognitives et la psychologie. Les phénomènes d'apprentissages sont étudiés par ces approches comme des phénomènes cognitifs qui s'intéressent à la psychologie du développement.

1.3.2.1. *Obstacles épistémologiques et objectifs obstacles*

Bachelard (1938) décrit l'évolution de l'esprit et de la pensée scientifique au cours de l'histoire. Il propose une analyse de la transition entre l'esprit « *préscientifique* » et l'esprit « *scientifique* » au tournant des XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles par le dépassement de ce qu'il nomme les obstacles épistémologiques. Ces phénomènes viennent se placer entre une connaissance antérieure et une connaissance nouvelle. Ils induisent en erreur et sont une imagination de l'esprit qui essaie de comprendre par rapport à ce qu'il sait déjà. Ils peuvent être assimilés à des idées préconçues. En faisant abstraction de ces imaginaires, les connaissances antérieures peuvent être remises en cause et générer une réorganisation du système conceptuel conduisant à la construction de connaissances nouvelles. Cela permet la construction rationnelle d'expériences. Les obstacles épistémologiques peuvent être transposés à l'apprentissage. Ils se créent lorsque que l'esprit d'un apprenant emprunte la voix de la facilité et utilise une explication « toute prête », alors que le véritable apprentissage passerait par une reconstruction organisée des conceptions. Les obstacles épistémologiques pouvant nuire à l'apprentissage sont issus des idées préconçues ou représentations mentales et souvent bien ancrées, que les apprenants possèdent. Selon cette thèse, l'apprentissage émerge lorsque l'apprenant parvient à déconstruire les conceptions antérieures afin d'en reconstruire de nouvelles. La notion « *d'objectif obstacle* », introduite par Martinand (1986) propose de faire de ces obstacles des leviers à l'apprentissage. L'enjeu est de favoriser l'émergence des obstacles, afin que l'élève puisse les surmonter et ainsi entrer dans un processus d'apprentissage. L'obstacle crée, en quelques sortes, un besoin de dépassement ou d'apprentissage.

1.3.2.2. *Des connaissances naïves aux savoirs scientifiques*

Selon Tiberghien (2003), le développement de l'esprit se fait par le passage de connaissances naïves à un savoir scientifique. Elle définit le terme « *naïf* » en faisant référence à des savoirs « *communs* » ou « *quotidiens* » partagés socialement, ou à des connaissances spontanées mises en œuvre par des individus dans des situations particulières. Elle affirme que « *les connaissances dites naïves d'un enfant vont être antérieures aux connaissances scientifiques qu'il va acquérir à l'école, puis vont*

coexister avec elles ». Vosniadou (1994), considère que les conceptions initiales ou les « *beliefs* » sont des connaissances de novices et qu'elles sont liées à des présupposés ontologiques et épistémologiques. Ces présupposés et croyances ne sont généralement pas conscients et peuvent être des contraintes ou des obstacles à l'interprétation de nouvelles informations. C'est, selon elle, cela qui différencie l'expert ou le scientifique du novice.

Selon De Vecchi (1990), « *ce qui confère un statut « scientifique » au savoir, c'est le fait qu'il peut être réinvesti dans des situations nouvelles* », comme une rupture avec les anciennes conceptions des apprenants.

1.3.2.3. Le changement conceptuel

La théorie du changement conceptuel, d'après Duit (1999) ou encore Posner, Strike, Hewson et Gertzog (1982) cités dans Tiberghien (2003, p. 31) « *établit un parallèle entre les changements dans l'histoire des sciences et les changements individuels* ». Cette théorie s'intéresse à l'évolution de structures de connaissances dans l'esprit, au cours de l'apprentissage. Le changement conceptuel, selon Posner et al. (1982) se fait par le remplacement d'une conception insatisfaisante par une autre, promettant une utilisation fructueuse. Vosniadou (1994) considère plutôt une hiérarchie organisée des connaissances et un changement progressif de ces dernières pour atteindre un apprentissage. Tout au long de son développement, l'acquisition de connaissances chez un individu se fait par-dessus des connaissances déjà présentes.

« Children are not blank slates when they are first exposed to the culturally accepted, scientific views, but bring to the acquisition task some initial knowledge about the physical world which appears to be based on interpretations of everyday experience »¹⁰ (Vosniadou et Brewer, 1994, p. 124).

Vosniadou affirme que dans le processus d'acquisition du savoir, il existe des contraintes qu'il nomme présupposition, croyances, « *mental model* », ou « *beliefs* » et qu'elles influencent l'acquisition d'une nouvelle connaissance. Elle définit le changement conceptuel, soit comme un simple enrichissement de la structure conceptuelle par un ajout de connaissances, soit comme un remaniement et une évolution du cadre conceptuel, au cours duquel les croyances existantes sont remises en question (Vosniadou, 1994).

Bien d'autres points de vue concernant le changement conceptuel existent et font généralement référence à des objets initiaux présents chez l'apprenant. Ces objets centraux dans les travaux de recherche en didactique des sciences sont ce que nous appellerons des conceptions initiales. Il existe une multitude de termes pour désigner ces conceptions initiales, et nous nous accordons avec Giordan et de Vecchi (1990) les définissant comme « *un ensemble d'idées coordonnées et d'images cohérentes, explicatives, utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations problèmes* ». Ces objets sont des éléments essentiels à prendre en compte pour l'enseignement. Ils

¹⁰ Traduction par Claire Anjou : « Les enfants ne sont pas des ardoises blanches lorsqu'ils sont exposés pour la première fois aux points de vue scientifiques acceptés par la culture, mais apportent à la tâche d'acquisition des connaissances initiales sur le monde physique, qui semblent être fondées sur leurs interprétations d'expériences quotidiennes. »

peuvent servir de ressource ou de base pour la construction d'enseignements où l'apprenant et les questions concernant son apprentissage seraient au centre des préoccupations de l'enseignement.

1.3.2.4. Le constructivisme et le socioconstructivisme

Les apports de la psychologie à la didactique ont permis de mettre en évidence la nécessité de la prise en compte des conceptions des apprenants. Ainsi, le courant du constructivisme positionne les élèves au centre de l'enseignement, leur permettant de construire activement des connaissances sur la base de leurs intérêts, de leurs besoins, et de leurs compétences, mais aussi en prenant en compte leurs croyances et conceptions (Reverdy, 2018). Ce courant s'est développé en réponse au béhaviorisme qui se limite à l'étude de l'apprentissage par le comportement des élèves face à un stimulus. Le béhaviorisme étudie les interactions entre l'élève et son environnement sans prendre en compte le système de conceptions déjà présent au sein de l'esprit du sujet. Piaget décrit le constructivisme en considérant que les conceptions des élèves sont construites lors de leurs interactions avec leur milieu. Cela leur permet d'assimiler de nouvelles connaissances en rééquilibrant les conceptions déjà présentes. Il voit le passage des connaissances spontanées aux connaissances scientifiques comme une sorte de déséquilibre temporaire dans la structure cognitive de l'apprenant (Reverdy, 2018). Lorsqu'une situation vient perturber les conceptions d'un apprenant, qui ne conviennent pas à ce qui est observé, il parle de conflit cognitif. Les situations d'enseignements peuvent alors faire émerger chez les apprenants un changement conceptuel qui sera créé par ce conflit cognitif. Il peut par exemple correspondre à un déséquilibre entre les conceptions de l'apprenant et son observation du réel. Le besoin de rééquilibration permettra alors une accommodation ou une réorganisation des conceptions permettant le changement conceptuel.

Dans la continuité des travaux de Piaget, Bruner (1996) considère que l'élève construit de nouveaux concepts, à partir de conceptions déjà présentes, de manière active et en interaction avec son milieu, mais il ajoute à cette théorie un aspect socioculturel et considère que ce n'est pas seulement le milieu physique mais également, le milieu social qui joue un rôle dans la reconstruction.

« C'est en coordonnant ses démarches avec celles de partenaires que l'enfant est conduit à des équilibrations cognitives dont il n'est pas capable individuellement... Les échanges interindividuels deviennent source de progrès cognitif par les conflits sociocognitifs qu'ils suscitent. C'est la confrontation simultanée de différentes approches ou centrations individuelles lors d'une interaction sociale, qui rend nécessaire leur intégration dans une structuration nouvelle. » (Doise, 1993) cité dans Closset (2002, p. 107).

Vygotski (1997) s'intéresse principalement aux apprentissages en contexte scolaire et considère que le développement cognitif se fait par l'apprentissage et par une reconstruction d'activités humaines déjà produites. Cette approche du constructivisme met l'accent sur l'environnement social et culturel de l'élève comme prenant part au développement, par le biais d'outils ou avec l'aide d'autres personnes permettant ainsi une intersubjectivité. Le courant du socioconstructivisme ainsi développé met en avant l'idée que les progrès cognitifs chez les apprenants, peuvent s'effectuer pendant des échanges avec d'autres personnes. Les interactions sociales avec différents acteurs peuvent être à la source d'un conflit sociocognitif (lors de débats par exemples), et également participer à la

rééquilibrage ou reconstruction des conceptions. Ces approches ont pour avantage la prise en compte du contexte socioculturel et environnemental des apprenants.

Ces théories ont laissé la voie libre à la création de pédagogies innovantes comme les apprentissages par projets où les élèves sont amenés à collaborer. Dans cette approche, la méthode Jigsaw, par exemple (Aronson, 1978), consiste à faire travailler plusieurs petits groupes d'élèves sur un même thème. Chaque élève du groupe travaille aussi sur un sujet complémentaire sur lequel il devient le spécialiste. En se regroupant, les élèves spécialistes d'un même sujet forment des réunions d'experts. Chacun peut ensuite rejoindre son groupe d'origine et présenter ces travaux. Avec une telle méthode, le travail entre pairs est valorisé, et chaque élève possède une importance particulière au sein de son groupe. Cela met en avant l'esprit de coopération avec une dynamique de groupe favorisant l'apprentissage des concepts.

Finalement, il existe de multiples approches théoriques sur le changement conceptuel, et nous retenons que l'étude des conceptions préexistantes des apprenants est un élément essentiel pour la compréhension des phénomènes d'apprentissage.

1.3.2.5. Les conceptions

Dans le domaine de la didactique, la notion de conception a permis de mieux comprendre le phénomène d'apprentissage. Les travaux sur les conceptions permettent en général d'étudier les changements conceptuels ou les obstacles aux apprentissages. Selon Tiberghien (2003), les travaux sur cette notion ont pour objectifs d'identifier les connaissances préalables des apprenants, les difficultés d'apprentissage et les acquis après enseignement. Cependant, les recherches sur cette notion ont mis en exergue une grande diversité de termes, entrant chacun dans un paradigme plus ou moins partagé. À titre d'exemple, le débat entre les termes de « représentations » et « conceptions » a fait couler beaucoup d'encre, mais ces deux termes sont désormais parfois utilisés sans distinctions. Ils n'ont néanmoins pas le même rapport au savoir. Les conceptions font généralement référence aux concepts scientifiques et sont construites par leur porteur, c'est généralement ce terme qui est employé en didactique des sciences. Les représentations sont plutôt utilisées dans le domaine social, et seraient un reflet du monde, extérieur à son porteur (Clément, 2010). Le terme de « misconceptions » initialement issue de l'anglais, est défini par Balacheff (1995) comme étant une image inadéquate du monde ou encore comme étant une connaissance possédant une réfutation connue. Cela sous-entend qu'il existe une connaissance de référence globale et juste, et que la misconception en est une représentation alternative et erronée (Balacheff, 1995). Selon lui, le paradigme des misconceptions se différencie de celui de l'erreur et des obstacles épistémologiques, dans le sens où le second admet que « *chaque connaissance est ce qu'elle est* », et que « *la mise en relation de deux connaissances dans une perspective de développement* » conduit à une adaptation du « *système sujet/milieu* », et à un apprentissage. En France, le terme de « *conception alternative* » est utilisé dans le sens où elle se différencie de la connaissance scientifique par le fait qu'elle ne correspond pas au savoir scientifique accepté communément au moment donné (Dove, 1998).

Nous acceptons le terme de conceptions de manière plus large comme étant détenues par un individu, à un moment donné, relativement à un objet ou concept dans un milieu spécifique. Elles

sont la structure organisée des connaissances portées par un individu à propos d'un objet d'étude ou d'un concept, dans son esprit. En d'autres termes, on peut imaginer qu'il s'agit de l'univers mental (Tiberghien, 2003). La dimension temporelle met en avant l'idée selon laquelle les conceptions évoluent dans le temps lors du développement psychologique et cognitif et lors de l'apprentissage.

Nous nous plaçons dans le cadre du constructivisme, dans le sens où nous nous basons sur le fait que les connaissances préalables d'un apprenant influencent l'apprentissage, et que l'apprenant construit son savoir et l'organise dans son esprit. Selon Balacheff (1995), et en accord avec les théories de Bachelard : « *une conception est une connaissance à l'état d'équilibre dynamique en interaction sujet / milieu* ». La rupture de l'équilibre, générée par un problème par exemple, conduit à un changement, ou à une réorganisation dans la structure des connaissances. Dans cette idée, la conception initiale est un obstacle pouvant être surmonté par un apport externe. Cet apport externe, qui vient mettre en rupture l'équilibre initial, génère un conflit cognitif entre l'apport et la conception initiale. Il peut être de nature interactionnelle avec l'environnement socioculturel de l'apprenant.

Nous ajoutons à cela que la conception d'un individu relativement à l'objet étudié, dépend également du contexte de l'objet et de la situation dans laquelle il se trouve. La confrontation entre les conceptions de l'apprenant et un apport externe, peut générer une réaction dans l'esprit de l'individu. Cette réaction peut prendre la forme d'un conflit au sein de l'esprit de l'individu, entre sa conception de l'objet étudié et l'information transmise, dans une situation d'apprentissage.

Nous abordons cette idée de conflit de manière plus large comme étant une confrontation entre les conceptions d'un apprenant et tout autre savoir remettant en cause les conceptions portées initialement par l'apprenant (conception d'une tierce personne, observation réelle, hypothèse, résultat d'expérience...). L'organisation des connaissances préalables se modifie vers une nouvelle organisation.

Selon Giordan toute personne possède sa propre vision du monde qui l'entoure. Les objets, les formes les couleurs peuvent être perçues différemment en fonction de la personne, de son genre, de ses habitudes, de sa manière de penser, de son environnement... Les illusions d'optique sont un bon exemple des différentes perceptions, et interprétations d'un même objet.



Figure 18 : Photographie d'une robe dont les couleurs peuvent être perçues différemment selon les observateurs (Gegenfurtner, Bloj et Toscani, 2015)

Cette photo (figure 18), diffusée sur un réseau social en février 2015, a fait le tour du monde en quelques heures et a partagé l'humanité en deux groupes : ceux percevant la robe comme étant de couleur noire et bleue et ceux, la percevant comme étant blanche et dorée. Ce débat a permis de générer une question vive : pourquoi ne percevons-nous pas tous la robe de la même couleur ? Plusieurs scientifiques se sont intéressés à la question, et ont révélé que ces différences sont liées à la capacité de notre cerveau à discerner les couleurs dans l'ombre et dans la luminosité et donc à interpréter les couleurs. Pour certains, le cerveau perçoit une image dans l'ombre et donc interprète les couleurs vues en les éclaircissant. Pour d'autres les couleurs apparaissent telles qu'elles sont, sous la luminosité de la photo, c'est-à-dire bleue et noire (Gegenfurtner et al., 2015). Notre cerveau est donc conditionné par son expérience à discerner les couleurs et la luminosité. Et chacun perçoit l'image à sa manière. Cet exemple illustre l'implication du contexte : ici, notre expérience, ou l'expérience de notre cerveau, dans notre perception du monde qui nous entoure.

Giordan et de Vecchi (1990) parlent « *du conditionnement scolaire* » pouvant « *créer un contexte qui conduit à ne pas savoir lire* » à travers l'exemple de la figure 19. Bon nombre d'apprenants, adultes comme enfants ne voient rien dans l'image si ce n'est des lignes blanches. « *Toutefois en regardant de plus près, quand l'individu se concentre sur le noir, il peut lire « JEU »*. L'explication tient au fait que la lecture se fait par contraste : blanc sur noir ou noir sur blanc. Quand le contexte – ici le fond – est noir, le lecteur se concentre sur le blanc et ne peut dès lors décoder ». Selon Giordan et ces nombreux exemples, « le contexte » - ce qui entoure l'objet, ou même encore ce qui définit l'objet, conduit à une interprétation différente de l'objet.



Figure 19 : Image illustrant l'influence du contexte sur la perception d'un objet (Giordan et de Vecchi, 1990)

Giordan caractérise ce contexte (influençant nos perceptions) comme le contexte par rapport au physio-psychologique (Giordan, 2013). Ici nous avons donc un exemple très concret du contexte comme étant le conditionnement d'une personne, ces habitudes, mais également comme étant ce qui entoure un objet et donc influe sur sa compréhension, sa perception, ses conceptions.

1.3.2.6. Les conceptions selon le modèle KVP

Le développement des « éducations à » dont les objets peuvent parfois être à la source de débats vifs au sein de groupes sociaux, a permis d'enrichir les théories sur les conceptions. Ces nouvelles disciplines, telles que l'éducation au développement durable, à la santé, ou encore à la citoyenneté par exemple, ont en commun qu'elles n'ont pas pour seul objectif de transmettre des connaissances mais aussi des valeurs morales et des pratiques. Les recherches didactiques dans ces champs ont donc conduit à l'analyse des conceptions et considèrent que celles-ci s'articulent entre les connaissances (K), les systèmes de valeurs (V) et les pratiques sociales de références (P). Ces conceptions KVP (Clément, 2010) possèdent une grande importance en didactique car elles touchent tous les niveaux et acteurs de la transposition didactique (figure 20).

TRANSPPOSITION DIDACTIQUE

- Références
- Différents niveaux de vulgarisation scientifique
- Programmes scolaires
- Manuels scolaires et autres outils pédagogiques

CONCEPTIONS DES

- Scientifiques, dirigeants, groupes
- Médias (journaux, TV, ...)
- Principaux acteurs du système scolaire.
- Auteurs & éditeurs

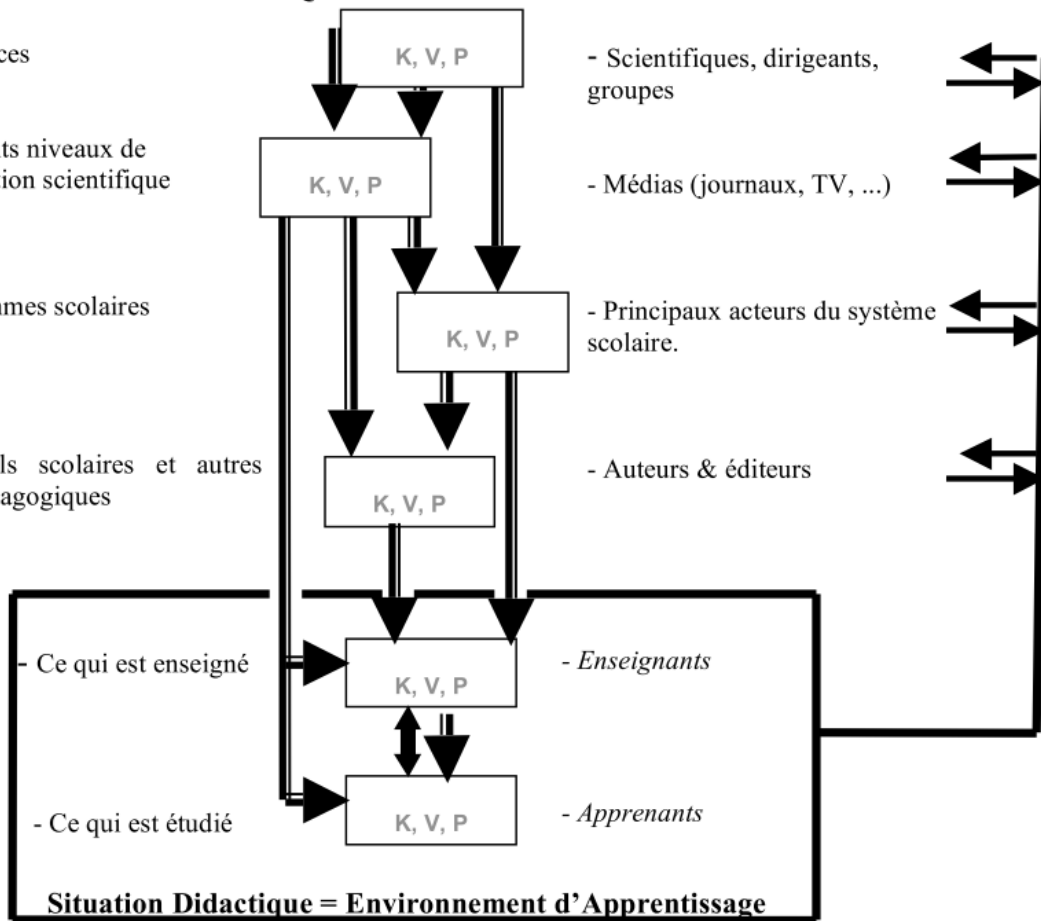


Figure 20 : Transposition didactique selon Clément (2010).

Les connaissances scientifiques K font référence au savoir commun accepté par la communauté scientifique. Elles sont généralement utilisées dans les études sur les conceptions scientifiques. « *C'est le pôle classique de référence en didactique des sciences, qui se décline dans le schéma initial de la transposition didactique proposé par Verret (1975) puis Chevallard (1985)* » (Clément, 2010, p. 10). Ainsi, les connaissances se déclinent selon l'étape de transposition didactique en jeu, allant des savoirs savants de référence, aux savoirs appris. Ce savoir dans le modèle est remplacé par les interactions KVP propres aux conceptions de chaque acteur, à chaque étape de la transposition. Les pratiques sociales correspondent aux pratiques professionnelles des acteurs de l'enseignement (enseignants, chercheurs et citoyens) et structurent les connaissances. Par exemple, les connaissances d'un enseignant de SVT en Guadeloupe sur la géothermie dépendent de ses pratiques ou expériences (visite d'installation géothermique, observation de résurgences hydrothermales, ou enseignement plus traditionnel en classe). Celles d'un citoyen sur le même sujet seront formatées par ses habitudes de lecture ou par son goût pour certains médias plus ou moins orientés (industrie, environnement...). Les connaissances d'un chercheur spécialisé sur la géothermie seront liées aux technologies auxquelles il a accès et aux disciplines dans lesquelles il est spécialisé (tomographie, géophysique, études en mer ou sur terre...). Les pratiques sociales sont également influencées par des valeurs. Par exemple, les pratiques de citoyens face à l'environnement au développement durable ou encore aux énergies renouvelables peuvent dépendre de sa croyance ou non au réchauffement climatique. Les valeurs, selon Clément, sont le fondement du jugement et sont « *à la*

base des opinions, des croyances, des idéologies, des positions philosophiques, morales ou éthiques mais aussi de la science elle-même » (p. 11). Les conceptions, selon le modèle KVP renvoient à des objets cognitifs et sociaux, intervenant à tous les niveaux de la transposition didactique et chez tous ses acteurs. Nous allons maintenant développer l'aspect social de la didactique des sciences.

1.3.3. La socio didactique

Les liens entre société et éducation sont forts, car l'éducation se fait dans un contexte politique, social ou économique particulier et a pour objectif de construire et de développer des êtres humains afin qu'ils puissent vivre dans leur société. « *L'éducation consiste en une socialisation méthodique de la jeune génération* » (Durkheim, Debesse et Fauconnet, 1968, p. 9). Selon Durkheim et al., (1968) il existe chez chaque individu, deux êtres cognitifs. Le premier est constitué des états mentaux propres à chacun et dépendants de la vie personnelle : « *l'être individuel* », et le second correspond à un système d'idées différent de la personnalité mais partagé par un groupe d'individus, comprenant les croyances, les pratiques morales, les traditions, ou encore les opinions collectives. Il s'agit de « *l'être social* ».

1.3.3.1. Opinions et croyances, des notions complémentaires pour la compréhension des conceptions

Selon le dictionnaire historique de la langue française, le terme « opinion » désigne :

« le sentiment que l'on a de quelque chose, plus particulièrement la position intellectuelle adoptée dans un domaine donné (v. 1283). Il a signifié "hypothèse, théorie" (1314) avant d'être exclu du champ scientifique. Le sens initial ayant acquis une valeur collective, le mot, tout en conservant son acception psychologique individuelle, est entré dans les syntagmes modernes liberté d'opinion (1936) et journal d'opinion (XX^e siècle). L'usage courant lui donne aussi le sens de "jugement de valeur que l'on porte sur quelqu'un, quelque chose" (v. 1265) [...] Dans un second groupe d'emploi, à partir du XVI^e siècle, opinion se réfère à l'ensemble d'idées, de jugements partagés par plusieurs personnes (1563), par une partie du groupe social, notamment dans des expressions comme opinion publique (1590), puis absolument (1762). Il est employé en sociologie pour désigner le type de pensée sociale qui consiste à prendre position sur des problèmes d'intérêt général (1580) et, actuellement, l'ensemble des attitudes d'esprit dominantes dans une société » (Girault et Lhoste, 2010; Rey, 2000).

Le terme d'opinion utilisé par Bachelard correspond à une idée première, une intuition, une interprétation spontanée ou encore une connaissance commune qui anime les scientifiques confrontés à la recherche d'explications. Ainsi, dans le champ de l'épistémologie bachelardienne, le terme opinion ne doit pas être confondu avec celui d'opinion publique. « *La science, dans son besoin d'achèvement comme dans son principe, s'oppose absolument à l'opinion* ». (Bachelard, 1938; Girault et Lhoste, 2010). Bachelard n'oppose pas la science et l'opinion publique, mais bien la connaissance commune, vulgaire, immédiate à la connaissance scientifique : « *le progrès scientifique manifeste toujours une rupture, de perpétuelles ruptures entre connaissance commune et connaissance*

scientifique » (Bachelard, 1953, p. 207). Selon lui, pour acquérir une connaissance scientifique, il faut pouvoir faire abstraction complète des idées préconçues. L'opinion dans cette approche, peut prendre le rôle d'une misconception, d'une connaissance préalable incorrecte, et peut ainsi être un obstacle, à l'acquisition de nouvelles connaissances. Bachelard introduit une dimension sociale à l'activité scientifique en affirmant que « *la science pure, c'est une science qui tout de même est socialisée* » (Bachelard, 1972, p. 54). L'introduction d'une dimension sociale dans ce paradigme d'une épistémologie historique, permet d'établir un lien entre d'une part, la dimension individuelle et psychologique de l'opinion et d'autre part, la dimension collective (l'opinion publique). Ainsi, les relations entre opinion et savoir renvoient également aux relations entre sciences et sociétés par l'intermédiaire, par exemple, des questions socio-scientifiques (Girault et Lhoste, 2010). Ces questions (« *socio-scientific issues* »), « *privilégient les dimensions émotionnelles, morales et éthiques* » (Albe, 2009, p. 28) des individus, tout comme les questions socialement vives « *qui font référence à des savoirs non stabilisés, faisant l'objet de débats tant au sein de la communauté de recherche que dans la société* », (Girault et Lhoste, 2010). Elles sont la source de pensées et de positionnements divergents traduisant des opinions pouvant être forgées et partagées au sein de groupes (opinions collectives), ou bien être particulières à un individu (opinions individuelles).

Le terme d'opinion est souvent associé à celui de croyance. Vincent (2013), établit le rapport à l'esprit entre ces deux termes : la croyance est considérée comme un terme lourd et pesant, qui possède un statut de fermeté et de stabilité. Alors que les opinions peuvent être très variables et volatiles et peuvent changer au cours du temps et de la vie.

Nous nous plaçons dans un cadre social et différencions les connaissances préalables ou naïves, de l'opinion, traduisant un positionnement par rapport à une question socio-scientifique plus ou moins vive. Nous adhérons donc à une définition actuelle de l'opinion comme une « *manière de penser sur un sujet ou un ensemble de sujets, jugement personnel que l'on porte sur une question, qui n'implique pas que ce jugement soit obligatoirement juste* »¹¹. L'opinion agit finalement comme une force morale (Durkheim et al., 1968) et peut être à la fois propre à un individu, ou bien partagée par un groupe social, nous parlerons alors d'opinion collective. Nous pensons également qu'il existe un lien entre opinion et croyance mais nous utiliserons le terme opinion car il nous semble plus approprié pour le domaine du développement durable, de l'environnement et de la géothermie.

1.3.3.2. *Articulations entre conceptions, représentations sociales et questions socialement vives*

La notion de représentation sociale a fait son entrée dans le champ de la didactique des sciences suite à la naissance de « *contenus nouveaux, hybrides, mouvants, controversés, voir contestés, et sous influence* ». Ces contenus prennent la forme de « *questions socialement vives* » ou d'« *éducation à* » et perturbent les prescrits ou les curriculums ainsi que les pratiques institutionnelles (Barthes, Alpe et Lange, 2016, p. 13). Nous faisons le lien entre ces nouveaux contenus comme ceux liés à l'éducation au développement durable, car une facette de l'éducation à la géothermie, selon nous, relève aussi de ce champ. Le développement de la géothermie, outre son aspect scientifique et technique, peut être la source d'opinions divergentes au sein des populations. Les recherches sur les

¹¹ Définition issue de <http://cnrtl.fr/definition/opinion> (consulté le 10/08/2018).

représentations sociales ont pour objectif d'identifier des appuis ou obstacles aux apprentissages provenant des savoirs préalables des élèves ou des enseignants.

« En éducation, les recherches sur les questions socialement vives concernent la façon dont certaines questions sociales pénètrent dans la sphère éducative, essentiellement à travers la demande sociale et comment se constituent les savoirs scolaires dont la légitimité peut poser problème » (Barthes et al., 2016).

Le contexte très particulier de la Guadeloupe et des Antilles, sur le plan de la géothermie, nécessite une réflexion sur la place de son éducation dans le contexte local d'une part, et sur son mode d'enseignement d'autre part. Le développement de ces territoires, dans une optique écologique et durable, génère un besoin d'éducation qui est alimenté par les politiques aux travers des institutions éducatives, et dont les enjeux peuvent être traités par la recherche sur les représentations sociales. La géothermie, selon nous, peut être perçue dans certains territoires comme une question socialement vive et nécessiter, pour son enseignement, la mise en place de stratégies didactiques pouvant s'appuyer sur l'analyse de représentations sociales.

Ainsi, l'acceptabilité sociale de la géothermie ou encore l'opinion publique sur le sujet sont des éléments cruciaux à prendre en compte et à étudier, lorsqu'on s'intéresse à la didactique. En contexte antillais, très peu de ressources sont disponibles sur le sujet, mais une enquête a été réalisée sur trois îles : Guadeloupe, Martinique et Dominique (cf. 1.2.1. Représentations sociales de la géothermie d'après trois études, p. 36).

1.3.4. L'étude des conceptions sur des notions relatives à la géothermie

La géothermie est une discipline qui touche aux géosciences mais également aux sciences de l'ingénierie, aux sciences naturelles, à la physique, à la thermodynamique ou encore aux sciences des énergies ou au développement durable. En France, la géothermie est abordée dans les programmes nationaux de première S, en SVT. Bien souvent, dans les ressources éducatives françaises, la centrale de Bouillante est utilisée comme exemple pour illustrer la géothermie profonde. Mais chaque société possède sa propre organisation des disciplines scolaires construites sur les pratiques et valeurs sociales. Au Québec, la structure des disciplines scolaires est bien différente. Par exemple, un des domaines d'apprentissage s'intitule « *mathématiques sciences et technologies* ». Les sciences et technologies constituent un sous domaine, et sont traitées selon trois volets au primaire : « *l'univers matériel* », « *la Terre et l'espace* » et « *l'univers du vivant* » auxquels s'ajoute un quatrième volet au secondaire : « *l'univers technologique* »¹².

Il semble que la discipline scolaire où figure le sujet de la géothermie peut être traitée différemment d'un pays à l'autre. Une géothermie de basse énergie au Canada, utilisant des concepts de physique, de thermique et d'énergie est abordée en utilisant l'approche technologique. Par contre, en France, la géothermie profonde est abordée avec une approche centrée sur les SVT et la géologie. Ces deux exemples montrent l'écart dans les approches pédagogiques pouvant être mises en place pour aborder le sujet de la géothermie. Cet écart d'approche peut être une explication à la diversité des conceptions pouvant exister dans les notions de géothermie.

¹² Cf. <http://www.education.gouv.qc.ca/references/programmes-detudes/> (consulté le 09/08/2018)

Une quantité considérable d'études existent quant aux conceptions dans le monde de la physique, de la biologie et de la géologie, et à leur implication dans les processus d'apprentissage. Cependant, il semble qu'il n'y ait pas encore d'études didactiques sur les conceptions de la géothermie. Dans le domaine des géosciences, il existe également de nombreuses études sur les conceptions comme obstacles à l'apprentissage.

Par exemple, les roches peuvent être perçues comme étant créées par l'homme ou par Dieu, ou comme étant issues de graines plantées (Piaget, 1929). Elles peuvent être décrites comme étant lourdes, sombres et grosses. Bien souvent, ce sont les échantillons particuliers qui sont mémorisés par les élèves et non les caractéristiques des roches. Des difficultés apparaissent donc au moment d'identifier de nouveaux échantillons. Si les échantillons de calcaire utilisés lors de l'enseignement sont blancs ou jaunes, alors l'étudiant ne pourra identifier un calcaire s'il est gris. Des erreurs de classifications de roches peuvent être liées à des interprétations erronées (« *misinterpretations* ») de la structure ou de la texture de la roche. Ainsi, les trous dans les scories volcaniques peuvent être mal interprétés, et l'échantillon peut être perçu comme sédimentaire car il s'est formé dans un milieu maritime au lieu de volcanique (Happs, 1983), tout comme l'ardoise, parfois rangée dans la catégorie sédimentaire en raison des couches qui la compose (au lieu de métamorphique).

Dove établit une revue de littérature sur les « *conceptions alternatives* » que peuvent avoir les enfants sur les concepts liés aux sciences de la Terre. Son étude se concentre sur les notions de roches, de séismes, de volcans, de structure de la Terre, de relief et d'érosion. Pour chaque thématique, il décrit les conceptions alternatives comme étant une difficulté rencontrée par l'apprenant (Dove, 1998). D'après cette étude, les séismes peuvent être perçus comme se produisant uniquement dans les pays chauds, et être la conséquence d'un climat trop sec (Leather, 1987) dans Dove, 1998 (p. 187). En ce qui concerne la structure du globe, c'est l'étude de Lillo (1994) qui est citée par Dove. Selon cette étude, beaucoup d'enfants pensent que le magma provient du cœur liquide de la Terre.

Finalement, Dove établit une liste des causes de ces conceptions alternatives erronées, avec des exemples. Nous avons repris cette liste et l'avons présentée ici, avec parfois des exemples en français.

- « *Use of everyday language in a scientific context* » (la référence à un langage de tous les jours) : par exemple, le terme d'alluvion, dans un langage de tous les jours, désigne tous les dépôts meubles de rivière, mais en géologie, ce terme ne désigne que les particules de rivière allant de 0,006 à 0,02 mm. Ou encore le terme fluide peut prêter à confusion car il n'a pas le même sens selon qu'il soit utilisé comme un nom (désigne les liquides et les gaz) ou un adjectif (qui n'est pas solide et qui coule aisément). Ainsi, les apprenants peuvent avoir construit des conceptions sur des termes utilisés couramment et peuvent rencontrer des difficultés lors de la compréhension de ces mêmes termes dans leur sens scientifique ;
- « *Changing definitions* » (l'utilisation de définitions changeantes au cours du temps) : en anglais le mot « *weathering* » désignait érodé par le temps (au sens du climat). Le sens en a été transformé pour désigner toute forme d'érosion (les rivières, les vagues, la chaleur, le vent tout élément naturel). L'apprenant ayant une conception ancrée d'une définition ancienne pourra éprouver des difficultés à s'approprier une nouvelle définition ;

- « *Overlapping concepts* » (des chevauchements de concepts proches) : par exemple, les termes de perméabilité et de porosité peuvent facilement générer une confusion, car ils définissent des concepts proches mais leur différence est cruciale en géologie ;
- « *Rote application of concepts* » (apprentissage par cœur) : apprendre une liste de roches ainsi que leurs caractéristiques peut induire en erreur quant à l'identification d'une roche dont la couleur est inhabituelle en raison d'une oxydation par exemple ;
- « *Endowing objects with human/animal characteristics* » les conceptions préalables liées à l'expérience privée des apprenants : certains objets sont dotés de caractéristiques humaines ou animales dans les livres ou dans les légendes, comme les montagnes qui grandissent, ou les méandres qui trouvent leur chemin de moindre résistance vers la mer, cela peut générer des obstacles ;
- « *Textbook stereotyping* » (les stéréotypes dans les livres) : les photos de déserts de sables et de montagnes avec les sommets pointus peuvent induire en erreur l'élève qui croira que toutes les montagnes et déserts sont comme cela et ne reconnaîtra pas comme tel un désert ou une montagne n'ayant pas la même apparence ;
- « *Inadequate prerequisite knowledge* » (des connaissances initiales inadéquates) : par exemple, une conception selon laquelle les couches supérieures sont forcément plus récentes que les couches inférieures peut s'avérer inadéquate dans certaines situations géologiques.

Dove identifie aussi certains concepts en géologie comme étant trop abstraits ou trop difficilement observables pour être compris de manière adéquate et pouvant causer des difficultés d'enseignement et d'apprentissage. Les technologies numériques (vidéos, 3D,), selon lui, peuvent contribuer à une représentation de ces concepts bien plus proche de la réalité.

Une autre revue sur les conceptions en géosciences a été établie par Francek (2013), qui se positionne dans un paradigme de misconceptions. L'organisation des misconceptions est faite selon des thèmes : les séismes, la structure du globe, les ressources géologiques, les glaciers, l'histoire de la géologie, les karsts, la tectonique des plaques, les rivières, les roches et minéraux, les sols, les volcans et l'érosion. Les limites entre ces termes peuvent parfois être floues. Il classe les misconceptions en fonction des niveaux scolaires (primaires, secondaires, supérieurs) selon qu'elles apparaissent chez les enseignants, les apprenants ou d'autres acteurs didactiques. Puis, il différencie ces misconceptions selon le support sur lequel elles sont rencontrées : articles, journaux, web.

Selon son étude, les misconceptions rencontrées le plus souvent sont celles en lien avec la tectonique des plaques, la géologie, l'érosion et concernent en grande majorité les élèves de collège et lycée. Nous allons détailler ici celles sur les séismes, la structure du globe, les ressources de la Terre, la tectonique des plaques, et les volcans en reprenant quelques exemples.

Les séismes sont souvent perçus comme se produisant dans les pays chauds, près des volcans, et formant de grandes fissures dans le sol. La structure du globe est souvent mal perçue, l'épaisseur de la croûte terrestre est représentée trop grande, le manteau est décrit comme liquide.

Peu d'études concernant les conceptions sur les ressources de la Terre ont été repérées par Francek, et très peu concernent les ressources en pétrole. Parmi le peu d'études récoltées, les misconceptions sur le pétrole concernent principalement son origine : le pétrole vient de l'eau, du charbon ou des

dinosaures, et il se trouve dans des grottes ou cavités souterraines, tout comme l'eau souterraine. On ne peut pas en trouver dans les déserts ou sous les forêts.

La notion de limite de plaque tectonique, selon Francek est souvent incomprise par les élèves, ainsi que, leur vitesse de déplacement. Les élèves pensent souvent que seuls les continents se déplacent et que toutes côtes océaniques sont des limites de plaques.

En ce qui concerne les volcans, Francek révèle par son étude qu'ils sont perçus comme se trouvant dans des régions chaudes et seulement en milieu terrestre (par opposition au milieu marin), ou encore près de l'équateur ou en zone tropicale. Bien souvent, ils sont associés au contexte insulaire. Le magma qui en sort provient du noyau terrestre. Toutes les éruptions volcaniques sont perçues comme étant violentes et avec des coulées de lave. La différenciation entre les volcans de points chauds ou de bordures de plaques est peu présente et l'existence de basalte est mise en lien direct avec la présence d'eau de mer. Les volcans sont également souvent représentés comme des hauts cônes avec un cratère à leur sommet.

Sur la géologie et l'aspect historique, l'étude de Francek montre que beaucoup d'élèves présentent des difficultés pour replacer les grands événements, tels que l'apparition de la vie sur Terre, la séparation des continents, l'extinction des dinosaures, l'ère glaciaire, ou encore la disparition des mammoths, dans l'ordre sur une échelle chronologique. Parfois même, certains élèves pensent que les humains et les dinosaures ont coexisté.

L'eau n'est parfois pas perçue comme un agent pouvant modifier la géomorphologie. Dans certains cas, les apprenants considèrent que les vallées sont apparues avant les rivières ou qu'elles sont le résultat de sortes de forces mythiques ou surnaturelles est parfois rencontrée (tout comme pour les volcans et les séismes). Le lien entre reliefs et rivières n'est donc pas bien compris par beaucoup d'élèves.

Les interconnexions entre les types de roches selon leur cycle de formation et d'érosion sont souvent mal comprises, tout comme la manière d'identifier les roches, bien souvent trop basée sur des caractéristiques pouvant changer d'un échantillon à un autre.

Dans une approche très différente, Orange (1995) décrit les conceptions d'élèves du primaire et du secondaire concernant les volcans. Il compare les dessins et explications des élèves à trois modèles explicatifs du fonctionnement volcanique de l'histoire des sciences qui sont :

- le modèle local (Buffon, 1769) : les volcans contiennent de la matière chaude en leur sein qui alimente un feu souterrain ;
- le modèle central (Chevalier, 1875) : la Terre est constituée de matière en fusion qui s'échappe par le moyen de « *vastes soupiraux* » que sont les volcans ;
- le modèle global (Allègre, 1987) : le manteau terrestre est relativement solide, mais sa fusion partielle locale entraîne la formation de volcans, au niveau des dorsales et zones de subduction.

De par la description détaillée des conceptions d'élèves basées entre autres sur les trois modèles explicatifs, Orange dégage une grille didactique des obstacles et ruptures pouvant guider l'enseignement. Les « *objectifs-obstacles* » (Martinand, 1986), à surmonter, sont le passage d'une conception locale à centrale, puis à globale. Selon Orange, le passage de la conception d'un modèle

local à un modèle central peut se faire à l'école primaire. Le modèle global s'appuyant sur les propriétés physiques de la matière, il n'est pas envisageable de l'enseigner avant le lycée, le passage de conceptions d'un modèle central à un modèle global selon Orange, ne peut donc se faire qu'à partir du lycée.

Un article de Gautier, Deutsch et Rebich (2006) qui s'intéresse aux « *misconceptions* » à propos des gaz à effet de serre (GES) et du réchauffement climatique a également été étudié. Parmi les conceptions sur les GES, une confusion est souvent rencontrée : le réchauffement climatique serait dû à une augmentation des rayons solaires à travers le trou de la couche ozone. L'effet de serre est dû à l'emprisonnement de l'énergie solaire par les gaz à effets de serre et les nuages. D'autres pensent que les gaz à effets de serre sont emprisonnés. Cela étant dû, selon Gautier, à l'amalgame fait entre la serre et son principe (piéger la chaleur). Le phénomène de radiation de la planète elle-même n'est souvent pas pris en compte.

Des études sur les conceptions de la notion d'énergies renouvelables existent. Çoker, Çatlıoğlu et Birgin (2010) réalisent une étude, en Turquie, sur les conceptions d'élèves du secondaire. L'étude révèle que les conceptions sur les sources d'énergies renouvelables sont assez pauvres. Les premières citées sont les batteries (32%), le soleil (23%), et l'eau (16%). Tortop (2012) fait également une recherche sur les *misconceptions* à propos des « ressources et applications sur les énergies renouvelables » par un questionnaire sur une population de 127 étudiants de lycée. Le questionnaire traite de différents types d'énergies telles que les panneaux solaires et les barrages hydroélectriques, mais ne parle pas de la géothermie. Il s'intéresse également aux moyens par lesquels les étudiants ont acquis leurs connaissances sur les ressources et applications des énergies renouvelables. Parmi les moyens cités, l'école l'est à 36% et les médias (livres, TV, web, magazines et journaux) à 56%.

La compréhension des conceptions alternatives ou des *misconceptions* à propos de notions de géosciences, de géologie, de ressources énergétiques et d'énergies renouvelables pourrait être prises en compte et faciliter l'enseignement et l'apprentissage sur les notions relatives à la géothermie.

1.4. Contexte et enseignement

1.4.1. Le contexte au travers de différentes approches

Le mot contexte vient du latin « *contexus* » et désigne tout ce qui entoure, la proximité ou encore l'ensemble. À l'origine, dans le champ de la linguistique, il était utilisé pour définir ce qui précède ou succède un énoncé donné ou encore un mot. Cependant, ce terme reste actuellement quelque chose de très vague et de difficilement définissable car il possède de nombreuses acceptations.

Dans le champ des sciences de l'éducation le contexte est bien souvent défini comme un ensemble de facteurs externes aux apprentissages. Il peut, par exemple, correspondre aux contraintes institutionnelles pesant sur la relation entre enseignant et élève (Sauvage Luntadi et Tupin, 2012). Le contexte resitue les interactions didactiques dans une société définie par son langage, sa culture et ses objets didactiques.

En sociologie de l'éducation, le contexte agit sur le comportement d'un individu. Il peut prendre la forme des relations entre paramètres contextuels et individuels qui influencent la réussite scolaire (Duru-Bellat et Mingat, 1988). Les travaux de sociolinguistique de Blanchet, Moore et Asselah Rahal (2009) s'intéressent à comprendre les interprétations qu'ont les individus du monde qui les entoure et la manière dont ils agissent par rapport aux autres en fonction de ces interprétations. Cela suggère que pour chaque situation, le comportement d'un individu sera unique, et qu'il existe une grande diversité de situations possibles.

En didactique des langues (Blanchet et al., 2009), la contextualisation est constituée par la maîtrise des langues des apprenants et l'habileté de l'enseignant à adapter son enseignement, il est un facteur qui influence le sens d'un message ou d'un verbatim. Il correspond au cadre au travers duquel le message est transmis.

En didactique des sciences les « *context-based approaches* » (King, 2012) s'intéressent aux contextes naturels des élèves et à leur environnement comme élément motivant. Elles permettent des enseignements authentiques (Schwartz et al. 2004). Une approche pédagogique contextuelle en sciences met l'accent sur l'application de la science comme moyen d'améliorer la compréhension scientifique du monde réel par les apprenants, tout en développant leurs capacités à fonctionner comme des acteurs responsables dans leur vie quotidienne (Bennett, 2005).

En psycho-didactique, le contexte est une notion essentielle, il fait référence à un stimulus d'arrière-plan qui accompagne des événements cognitifs. C'est l'ensemble des éléments dans lequel le stimulus en action est impliqué (Bazire et Brézillon, 2005). Selon Bastien (1998), le contexte intervient dans les travaux de psychologie cognitive qui s'intéressent aux connaissances. Les cognitions ou connaissances situées sont dépendantes du contexte. Elles sont organisées et structurées de manière fonctionnelle, et le contexte les active en fonction du but à atteindre. Les relations entre contexte et cognition, selon Bazire et Brézillon, donnent au contexte une nature interne ou externe. Dans le premier cas, il appartient à un individu et occupe une place principale dans la représentation que se construit l'individu de la situation dans laquelle il est impliqué et de l'autre, le contexte est relatif à des éléments externes à l'individu.

Dans une approche paradigmatique de cognition située, Buty et Cornuéjols (dans Tiberghien, 2003) considèrent que l'analyse des comportements et des actions dans l'apprentissage doit se faire en

prenant en compte le contexte, et que le contexte est « *composé d'un contexte cognitif et d'un contexte culturel* » (p. 37). Ainsi, ce paradigme diffère de celui du changement conceptuel dans le sens où ce ne sont pas les conceptions des apprenants qui changent, et les résultats de ces changements qui sont étudiés, mais des situations qui sont arrangées de sorte que les apprenants puissent agir, étudier ou discuter des concepts, en accord avec des principes acceptés scientifiquement (Hallden, 1999).

Cette corrélation entre le contexte d'un individu et ses représentations vient illustrer les théories de contexte interne et contexte externe définies par Van Wissen, Kamphorst et Van Eijk (2013). Ces théories définissent le contexte externe comme étant un ensemble de contraintes qui entourent et interagissent avec un individu. Le contexte interne est quant à lui constitué de deux choses : (1) la représentation mentale que se fait un individu d'un objet ou d'un concept donné, c'est-à-dire son interprétation du contexte externe, (2) l'état cognitif relevant des croyances, des motivations ou encore des intentions de l'individu. Les deux notions de contexte interne et de contexte externe sont étroitement liées, car le contexte externe d'un individu participe à la construction de son contexte interne (figure 21).

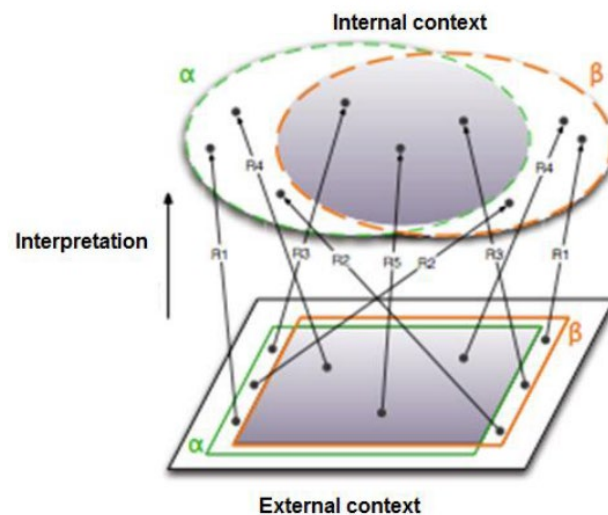


Figure 21 : Interactions entre les contextes externes et internes de deux individus (Van Wissen et al., 2013, p. 176)

La figure ci-dessus illustre les contextes internes et externes de deux individus α et β . Ces contextes sont partiellement différents et peuvent interagir entre eux (les flèches illustrent les interactions entre les différents contextes représentés). Les contextes internes sont les représentations partielles et personnelles des contextes externes des individus. Le schéma illustre que pour deux individus aux contextes externes partiellement différents, l'interprétation du contexte externe peut ne pas être la même, ils se construisent une représentation de ce contexte externe différente.

Par ailleurs, le contexte interne propre à chaque individu va influencer la représentation de son contexte externe. D'un côté le contexte interne est la représentation ou la conception d'un objet, et de l'autre le contexte interne est le moyen par lequel l'individu se représente l'objet.

Dans une approche anthropologique et sociale du contexte, Lave (1988, 2009) s'intéresse à l'apprentissage comme processus indissociable du contexte. Selon elle, l'apprentissage se situe dans

toutes les activités quotidiennes et est ainsi corrélé à leurs contextes. Elle distingue ainsi, dans une activité, deux types de contextes qu'elle nomme « *arena* » et « *settings* ». L'*arena* est à l'extérieur de l'individu, mais l'englobe, fournissant un cadre institutionnel d'ordre supérieur à l'intérieur duquel l'individu agit. L'*arena* réfère au cadre durable et identifiable de l'activité, et reflète les contraintes imposées. L'activité d'un individu dans l'*arena* est construite et malléable, elle est expérimentée et dirigée de manière personnelle. Il s'agit là d'un « *setting* ». Le *setting* est donc construit dans l'*arena* mais est propre à chaque individu et à chaque activité. Ce sont, selon elle, les relations entre ces deux objets : « *settings* » et « *arena* » qui sont généralement étudiées lorsqu'elle parle du contexte (Lave, 1988).

Dans cette même idée d'activités et de tâches, Podschuweit et Bernholt (2017) définissent le contexte dans le domaine éducatif comme étant le lien entre d'une part, le « *focal event* », soit l'événement donné, la tâche, le contenu d'apprentissage ou encore l'objet éducatif et d'autre part, le « *field of action* », soit l'entourage de l'objet ou le domaine d'action. Ce deuxième élément peut, par exemple, correspondre au domaine de connaissance, au contexte physique de déroulement de l'action (classe, maison), au contexte social ou encore fonctionnel (académique ou informel).

La définition du contexte dans laquelle nous nous situons est à l'intersection entre le champ de la didactique des sciences, celui de la psychologie et celui de la sociologie. Nous reprenons ici les idées de contexte externe authentique de Van Wissen et al. (2013), et considérons qu'il participe à la construction des conceptions des apprenants c'est-à-dire, leur contexte interne. Tout comme Wertsch (1991) nous pensons que l'étude du fonctionnement mental d'un apprenant est intrinsèquement située dans le contexte social, culturel, institutionnel, historique, mais aussi géographique et environnemental. Elle ne peut donc pas se faire séparément de ce dernier. Par ailleurs, nous considérons que les contextes externes peuvent servir de base pour les enseignements authentiques (« *context-based approach* »), remplaçant les objets d'enseignement dans des situations concrètes du monde réel et rendant les apprentissages significatifs (King, 2012). Enfin, nous acceptons la définition suivante relative au contexte externe : le contexte est « *un ensemble de facteurs qui forment l'environnement dans lequel se passe une situation ou qui permettent de comprendre et d'analyser un être, une action, un énoncé.* » (De Lacaze, 2015, p. 95).

1.4.2. Les contextes en situation d'enseignement-apprentissage

1.4.2.1. Effets dus au contexte et contextualisation didactique

Les contextes, aussi variés qu'ils puissent être, jouent un rôle important dans l'acte d'enseignement et dans le processus d'apprentissage. À titre d'exemple, le contexte linguistique peut être un facteur impactant l'enseignement. Comme l'expliquent Delcroix, Forissier et Anciaux (2013), l'utilisation du Créole et du Français en classe lors d'interactions didactiques en Guadeloupe et en Martinique, est un phénomène d'alternance codique résultant de la présence de ces deux langues sur ces territoires. Ces événements sont des « *effets en quelques sortes inévitables* » qu'ils nomment « *effets dus aux contextes* » ou encore « *effets du contexte* ». Les effets dus aux contextes sont donc issus de la particularité d'une situation, d'un pays ou d'un territoire.

L'étude des phénomènes causés par le contexte a mené certains didacticiens à réfléchir sur l'enseignement face à l'hétérogénéité des environnements, des milieux ou des situations d'enseignement et d'apprentissage. Les travaux qui s'y intéressent sont intégrés dans un champ de recherche appelé contextualisation didactique. Selon Blanchet et al. (2009), « *s'interroger sur les contextes en didactique [...] c'est développer une didactique contextualisée* » (p. 10).

Delcroix et al. (2013), identifient deux types de travaux distincts qui entrent dans ce même champ de recherche. D'une part, « *l'analyse didactique contextuelle* », s'interroge sur les interactions entre une situation d'apprentissage et d'enseignement et le contexte dans lequel elles se déroulent. Il s'agit de décrire, d'analyser et de comprendre les processus didactiques dans leurs interactions avec les paramètres sociaux, culturels, sociolinguistiques, historiques, écologiques ou encore environnementaux. D'autre part, la « *didactique contextualisée* » s'interroge plutôt sur la contextualisation d'une intervention didactique. Elle se traduit par exemple par la prise en compte des contextes des apprenants lors de l'élaboration de ressources didactiques et pédagogiques. Elle relève plutôt de la « *production, de la mise en œuvre* » de dispositifs et s'appuie sur les résultats de l'analyse didactique contextuelle. En d'autres termes, elle propose des pistes pour contextualiser l'intervention didactique.

La contextualisation correspond à deux phénomènes distincts. Dans le premier, elle consiste à adapter l'enseignement aux acteurs en situations (Sauvage Luntadi et Tupin, 2012). Dans le second, la contextualisation situe l'objet d'étude dans son environnement spatiotemporel. (Delcroix, Cariou, Ferriere et Jeannot-Fourcaud, 2015). La contextualisation peut être relative aux acteurs (aux élèves par exemple) ou à l'objet d'étude (la géothermie en contexte antillais par exemple).

Par ailleurs, lorsqu'on s'intéresse aux phénomènes de contextualisation didactique, on constate qu'ils peuvent s'appliquer aux différents niveaux de la transposition didactique. Ils peuvent se faire au niveau institutionnel : par les politiques et les créateurs de prescrits et de ressources sur les programmes et manuels scolaires. Il s'agit là de la « *noo-contextualisation* ». Ils peuvent apparaître au niveau pédagogique et être mis en place par les enseignants, dans un milieu plus restreint et concernent la situation de la classe. C'est la « *contextualisation pédagogique* ». Enfin ils peuvent être mis en place par l'apprenant, lorsqu'il associe les savoirs enseignés à son environnement naturel, culturel ou social, à ces représentations, à ces croyances, ou à son expérience personnelle. Il s'agit de la « *contextualisation sociocognitive* » (Delcroix et al., 2013).

Forissier (2015) décrit la contextualisation didactique comme un phénomène légèrement différent. Ce phénomène selon lui est :

« issu de tensions entre les conceptions de différents acteurs de l'enseignement (enseignant, apprenants, prescrits, manuels, etc.) et menant à l'émergence d'effets de contextes didactiques. [...] La contextualisation didactique englobe donc [...] deux types d'objet : primo, des processus de constructions didactiques menés par les acteurs du système éducatif et placés dans un réseau de transposition ; et secundo, des phénomènes d'émergence d'effets de contexte. » (p. 166)

1.4.2.2. Les effets de contextes

Selon Delcroix et al. (2013), le terme « effet de contextes » est issu d'une analogie avec « l'effet de contrat » de Brousseau (1980). Les effets de contextes « se manifestent par un décalage entre un objectif d'enseignement ou d'apprentissage et sa réalisation ». Ils sont qualifiés de cette manière lorsque le décalage est attribué « aux différents contextes en présence dans le processus didactique ». Cette idée semble converger avec celle de Sauvage et Tupin qui pensent que « l'environnement scolaire » ou encore le contexte scolaire, ou didactique aurait « un impact sur les apprentissages supposés et, au bout de la chaîne, sur les acquisitions constatées » (Sauvage Luntadi et Tupin, 2012). L'accent ici est mis sur l'analyse des interactions entre les contextes didactiques et les décalages pouvant survenir entre les intentions d'enseignement et leur réalisation effective.

Chez Bressoux et Pansu (2001) l'effet de contexte est un phénomène bien différent, il est causé par le contexte de la classe, qui est en lien avec les normes de la société sur le jugement que portera l'enseignant sur les élèves. « On observe que la distribution des valeurs scolaires attribuées par l'enseignant s'effectue de telle sorte qu'il n'y ait ni trop de notes élevées, ni trop de notes basses, ce qui a pour effet d'homogénéiser les moyennes des différentes classes autour de valeurs qui ne sont elles-mêmes ni très élevées, ni très basses. [...] Le jugement que l'enseignant porte sur un élève ne se fonde pas uniquement sur le niveau individuel des performances de cet élève, mais également sur le niveau des autres élèves de la classe » (Bressoux et Pansu, 2001, p. 2).

Selon Forissier avec Delcroix et al. (2015) un effet de contextes « est la manifestation d'un décalage conceptuel en lien avec des contextes internes différents lors de l'interaction de deux acteurs (sujets porteurs de conceptions) d'une situation didactique » (Forissier, 2015, p. 166).

Il existe, selon nous, deux effets : l'effet dû au contexte et l'effet de contextes. Il semble important de bien préciser la singularité ou la pluralité des contextes en jeu. Lors d'un effet dû au contexte, on observera un phénomène qui est causé par le contexte, celui de la classe par exemple. Alors que, pour l'effet de contextes, il y aura nécessairement plusieurs contextes en jeux, et donc inévitablement une notion de décalage.

Les effets de contextes peuvent donc apparaître lors d'un décalage entre les contextes internes de deux individus (deux enseignants, deux apprenants, ou un apprenant et un enseignant). Il peut également apparaître lors d'un décalage entre le contexte interne d'un individu et son contexte externe. Alors l'observation du réel sera différente de la conception que possède l'individu de ce réel.

Par exemple, lorsqu'on observe la lune, en Guadeloupe ou en région intertropicale, le croissant est positionné de manière horizontale. Or, la représentation de la lune dans la plupart des ressources se fait de manière verticale. En effet, les documents de la NASA, du Musée de la Civilisation du Québec, de la Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris ou encore les manuels scolaires, les agendas et les calendriers présentent tous des modèles ou des représentations de la Lune qui sont verticaux.

« Ils correspondent à l'observable des inclinaisons de Lune aux pôles ; il s'agit de modèles pédagogiques construits pour la compréhension des phases de la Lune dont les conditions (lieu d'observation, un moment précis de la nuit, pas de différence entre écliptique et équateur, etc.) et

les limites ne sont pas explicitées. [...] De tels modèles sont très éloignés de l'observable en un lieu de faible latitude » (Forissier, 2015).

L'étude de Forissier (2015) interroge 124 étudiants de Guadeloupe, en première année de licence en sciences, sur la position de la lune observable en Guadeloupe. Sur les 124 étudiants interrogés seulement neuf d'entre eux choisissent une photographie qui correspond au réel de Guadeloupe. Cette étude montre que la perception qu'ont des étudiants de la position de la lune en Guadeloupe est un croissant vertical. Cette conception alternative de la lune en domaine tropical peut être interprétée de plusieurs manières. L'enquête ayant été menée en contexte scolaire, il se peut que les étudiants interrogés, par compréhension du contrat didactique (Brousseau, 1984), aient associé tout questionnement sur la Lune à l'étude de ces phases, dont les modèles la représentent verticalement. Leur réponse aurait ainsi été influencée par les attentes supposées de l'enseignant. Une autre interprétation est que les étudiants observent la lune de manière inconsciente, ainsi leurs connaissances sur le sujet sont construites grâce aux apprentissages scolaires et l'observable fonctionnerait comme un obstacle épistémologique lié à une connaissance générale. Enfin la dernière interprétation s'inspire des théories de « l'Umwelt » (Von Uexküll, 1965) et considère que les conceptions des étudiants sont construites par les modèles de l'enseignement et du quotidien et que lorsqu'ils observent la lune en Guadeloupe, ils la perçoivent verticale (Forissier, 2015). Les effets de contextes observés dans cette étude se situent, selon nous, à plusieurs niveaux. Il existe un décalage entre le contexte de d'élaboration des ressources et le contexte dans lequel l'objet est étudié (la Guadeloupe). Un second décalage est observé entre le contexte externe de l'apprenant vis-à-vis de l'objet étudié et son contexte interne (sa conception de l'objet). Les conceptions sont construites selon le contexte médiatique ou institutionnel et non par rapport au réel. Cela entraîne donc une similitude entre le contexte interne de l'apprenant, sa conception de l'objet, et le contexte d'élaboration des ressources.

Cet exemple illustre à quel point les différents contextes en jeu dans le processus d'enseignement peuvent être en décalage, et à quel point cela peut influencer l'apprentissage. Il est nécessaire de connaître et de comprendre ces phénomènes et de les prendre en compte. La notion d'effets de contextes est pour nous cruciale pour la réflexion sur les stratégies didactiques à mettre en place, notamment dans le contexte particulier de la Guadeloupe. La connaissance préalable des écarts ou des décalages entre les contextes susceptibles de créer ces effets de contextes peut être un outil à cette fin.

1.4.2.3. Le contexte en didactique des sciences et approches pédagogiques associées

Merlo-Leurette et Forissier (2009) soulignent qu' « un des objectifs de l'enseignement des sciences est d'offrir aux élèves une compréhension scientifique du monde qui les entoure, de ce qu'ils peuvent observer. » Or, « les observations quotidiennes ne sont pas les mêmes selon le contexte géographique ou écologique ». La question du contexte externe paraît donc centrale pour ce qui est de l'enseignement des sciences. L'intégration du monde réel à l'enseignement est mise en avant depuis des décennies, notamment au travers des « *context-based approach* ». Ces approches, permettent l'élaboration de pédagogies où les concepts enseignés sont appliqués à des situations réelles. Ainsi, les apprenants ont besoin des concepts pour mieux comprendre les situations du monde réel. Ces

pédagogies basées sur le contexte, permettent de légitimer l'apprentissage dans le sens où cela produit un apprentissage intrinsèquement et extrinsèquement significatif (King, 2012).

Les travaux de recherche sur les « *context-based learning* » sont nombreux mais ne permettent pas de comparaison cohérente étant donnée la diversité des significations du mot contexte qui sont employées. De même, les expérimentations dans ce domaine ont des variables bien trop différentes pour pouvoir comparer les méthodologies et résultats de ces travaux. Ainsi, aucune étude n'a pour l'instant montré une preuve claire d'un effet positif sur l'apprentissage lors de l'utilisation de telles pédagogies. Seuls les effets sur la motivation semblent robustes (Podschuweit et Bernholt, 2017). Une étude de Podschuweit et Bernholt (2017) tente d'étudier l'apprentissage sur les concepts de l'énergie et du transfert d'énergie selon qu'ils se fassent dans un environnement d'apprentissage homogène ou hétérogène. Il ressort de cette étude que la composition des contextes dans lesquels les étudiants apprennent le concept scientifique a une influence sur le degré de compréhension du concept. Une portée d'apprentissage plus large semble faciliter le transfert des connaissances conceptuelles vers de nouveaux contextes.

Dans le domaine de l'enseignement des sciences naturelles, le contexte est très souvent considéré comme étant l'environnement de l'élève. Selon Orange, Beorchia, Ducrocq et Orange (1999) « *une part non négligeable des objets de la biologie et de la géologie n'a de sens que par les études de terrain* ». Ils définissent le terrain par le « *réel de terrain* » et associent cela au « *réel de laboratoire* ». Ils montrent par leur étude sur l'apprentissage d'un concept de géologie (métamorphisation et histoire des Alpes) que le questionnement nécessaire à la démarche scientifique pour la problématisation d'un concept nécessite une observation du réel et du terrain à laquelle s'ajoute une étude en laboratoire. Il s'agit là d'une sorte d'intégration du contexte externe (Van Wissen et al., 2013) à la situation didactique. Le terrain est un moyen de faire intervenir le contexte dans l'enseignement. Selon King (2008), le terrain en géosciences permet de fournir l'occasion d'acquérir des stratégies et des méthodes permettant le développement de compétences allant de l'observation et de la mémorisation jusqu'à des compétences d'analyses de haut niveau et de synthétisation nécessaires pour la compréhension de différents contextes de terrain.

En dehors des context-based approaches, d'autres approches prennent en compte le contexte pour l'enseignement des sciences, comme par exemple le « *project-based-learning* », les démarches d'investigation en science ou les « *hands-on learning* ». Elles permettent de faire de l'enseignement des sciences un enseignement plus significatif et plus pertinent pour les apprenants (King, 2012).

1.4.3. Des enseignements basés sur les effets de contextes

Selon De Lacaze (2015) « *les didactiques contextuelles se dégagent comme un moyen d'analyser des effets du contexte* ». Par ailleurs, les effets de contextes peuvent servir d'outils pour une didactique contextualisée. Nous montrons dans la suite de ce paragraphe comment différents acteurs se servent des effets de contextes pour outiller une didactique contextualisée.

En reprenant les théories de Merlo-Leurette et Forissier (2009), qui définissent l'effet de contexte comme « *la manifestation d'un décalage conceptuel en lien avec des contextes internes différents lors de l'interaction de deux acteurs (sujets porteurs de conceptions) d'une situation didactique* », nous

considérons que l'effet de contexte est un phénomène pouvant émerger lors d'une interaction entre deux contextes : soit deux contextes internes (ECii) soit un contexte interne et un contexte externe (ECei).

La contextualisation didactique en sciences est essentiellement basée sur l'intégration du contexte externe de l'apprenant à l'enseignement. En d'autres termes, l'idée consiste à faire référence, observer, utiliser le réel, ou expérimenter pour élaborer un scénario pédagogique. Mais comment contextualiser en intégrant le contexte interne de l'apprenant dans l'approche pédagogique ? Comment prendre en compte les conceptions des apprenants pour élaborer un enseignement ?

L'utilisation du contexte au sens de l'environnement d'un apprenant en situation didactique peut être un outil pour des enseignements authentiques. Pour la géologie, le terrain constitue un support naturel crucial pour la compréhension des concepts et leur échelle (Orange et al., 1999; Sanchez, Prieur et Devallois, 2004). La prise en compte du contexte interne d'un apprenant peut servir comme ressource pour l'enseignement. La confrontation de ce contexte interne, au réel, à l'observable, au contexte externe, peut générer un conflit cognitif entre la conception qu'aura l'apprenant du concept ou de l'objet étudié, et la réalité observée. Par exemple, comme nous l'avons déjà expliqué plus haut, en observant la Lune en Guadeloupe, un décalage, un effet de contexte peut apparaître si la représentation qu'en a l'apprenant, est un croissant vertical alors que son observation est un objet horizontal. Alors, l'effet provoqué sera à la source d'un questionnement, nécessitant un approfondissement et permettra de motiver l'apprenant car la compréhension du phénomène devient une motivation. Les explications des phases de la lune, qui sont des notions abordées en primaire, utilisent comme support des modèles qui ne tiennent pas compte de la latitude (Delcroix et al., 2015). L'effet de contexte généré peut être un support à l'explication des phases de la lune et également de son orientation, et permettre ainsi un enseignement qui sera plus riche et plus complet.

Par exemple, dans le domaine de l'astronomie et de la position du soleil par rapport à la Terre, Cariou (2015) met en exergue la possibilité de faire d'une difficulté, soit d'une situation ne figurant ni dans le programme scolaire ni dans les ressources de type manuels scolaires, une facilité pour la compréhension par les élèves de Guadeloupe de notions relatives au soleil ne se produisant que dans leur environnement. Dans cet exemple, l'enseignement se base sur le contexte et l'environnement de l'élève (l'observation de l'ombre d'un gnomon lorsque le soleil est au zénith), puis permet d'aboutir à une vision « universelle » grâce à la comparaison Guadeloupe/métropole (dont la référence se trouve dans le manuel scolaire). Cette vision universelle, selon Cariou, arme les élèves pour la compréhension de situations dans d'autres contextes. La difficulté initiale peut se traduire par un effet de contexte entre la ressource proposée (le manuel scolaire) et le réel. Ainsi, les pédagogies basées sur les contextes naturels des élèves peuvent être des outils pour l'enseignement, et les pédagogies basées sur les effets de contextes peuvent permettre aux élèves d'acquérir des connaissances plus ouvertes sur le monde pouvant être appliquées à plusieurs contextes.

Fécil (2014) précise l'importance d'ancrer les « enseignements dans le territoire de l'élève afin qu'il puisse s'approprier les savoirs scientifiques. » Il lui paraît nécessaire « de partir d'exemples émanant de leur environnement proche, d'éléments appartenant à leur quotidien », afin de construire des enseignements en se « référant au principal objectif de l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre qui est de comprendre l'environnement, les caractéristiques du vivant qui l'occupe, ainsi que les

interactions et relations qu'ils entretiennent. Il s'agit d'expliquer le réel » (p. 5). Elle réalise une expérimentation pédagogique impliquant des élèves de collège en Guadeloupe et au Québec travaillant en collaboration sur les grenouilles. La pédagogie utilisée se base sur la démarche d'investigation et l'organisation de sa classe se fait selon la méthode Jigsaw. La méthodologie de recueil de données mise en œuvre a permis d'observer des effets de contexte lors de l'apprentissage qui sont pertinents en termes de changement conceptuel. Les résultats de son étude lui permettent d'établir que les effets de contexte peuvent prendre la forme d'actions surprenantes lors d'investigation de terrain, menant les élèves à se rendre compte par eux-mêmes que leurs conceptions sont erronées. Il s'agit d'effets de contextes opposant la réalité observée et une image pragmatique de l'objet d'étude. Elle établit également que les effets de contextes peuvent émerger lors d'échanges ou d'interactions entre des équipes homologues aux contextes éloignés et alors créer des chocs ou des heurts de représentations pouvant mener à l'émergence d'émotions. La modélisation des effets de contextes selon Fécil est illustrée par la figure 22.

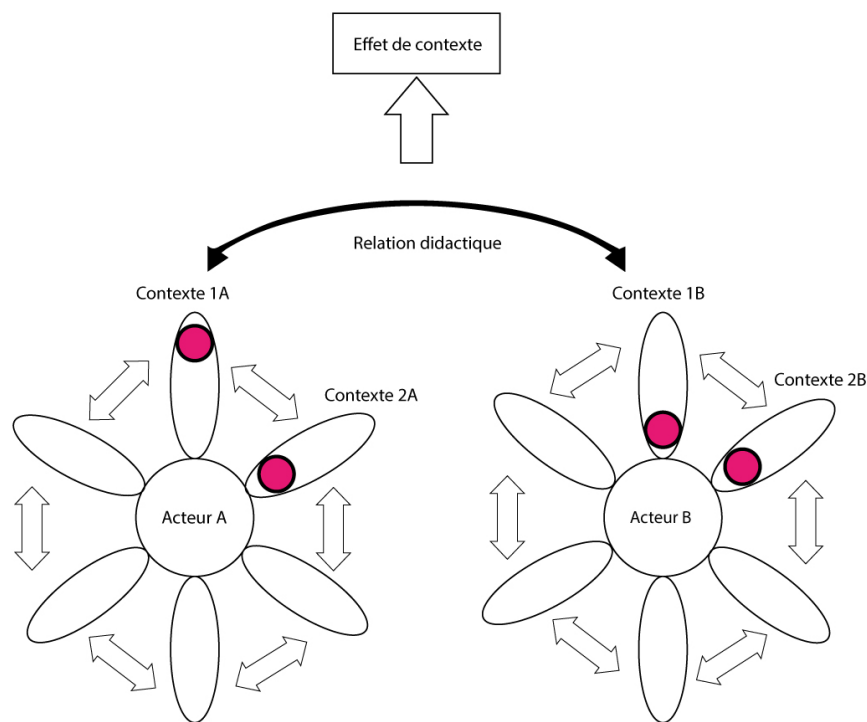


Figure 22 : Schématisation de l'émergence des effets de contexte (Fécil, 2014), retravaillée

Deux acteurs d'une interaction possèdent des contextes externes similaires, constitués de plusieurs éléments communs. Ces éléments sont représentés par les pétales. Si les contextes internes de deux acteurs ayant le même contexte externe sont différents (dans le cas où les points roses sont situés à des endroits différents sur les pétales), la confrontation des contextes internes différents des deux acteurs vis-à-vis du même élément de leur contexte externe peut générer un effet de contexte. En d'autres termes, si deux individus ayant des conceptions différentes d'un objet d'étude partagent leurs conceptions, alors des effets de contextes peuvent émerger. En revanche la confrontation des conceptions relativement similaires (dans le cas où les points roses sont situés à des endroits différents sur les pétales), sera moins propice à l'émergence d'effets de contextes.

Dans la même approche, Forissier, Bourdeau, Mazabraud et Nkambou (2013) soulignent que les effets de contextes peuvent s’observer à différentes échelles. Effectivement, un enseignement de la géologie dans deux pays très différents ne se basera peut-être pas sur le même phénomène. Un enseignement en Islande prendra pour exemple de la tectonique des plaques, le phénomène de divergence et les dorsales, alors qu’un enseignement en France se basera plutôt sur un phénomène de convergence avec la formation des Alpes par exemple. Dans un même pays, les variations de contexte peuvent également mener à des décalages dans les enseignements comme entre la Guadeloupe et la France hexagonale, où les formations géologiques sont très différentes et ne permettent pas d’observer les mêmes phénomènes. Par exemple, la subduction et le volcanisme actif sont des phénomènes pouvant être étudiés et observés en Guadeloupe et les intrusions de roche et les plutons granitiques (Flamanville par exemple) sont des phénomènes plutôt observables en France. Enfin à l’échelle locale, des différences peuvent également être observées, comme entre la Grande-Terre et la Basse-Terre, en Guadeloupe. Cette différence d’échelle d’observation des effets de contextes peut, selon Forissier et al. (2013) être comparée au traitement d’un signal sinusoïdal à longueurs d’ondes variées, qui serait observé à différentes échelles (figure 23). Ainsi l’écart entre la valeur maximale et la valeur minimale ne sera pas la même selon l’échelle d’observation.

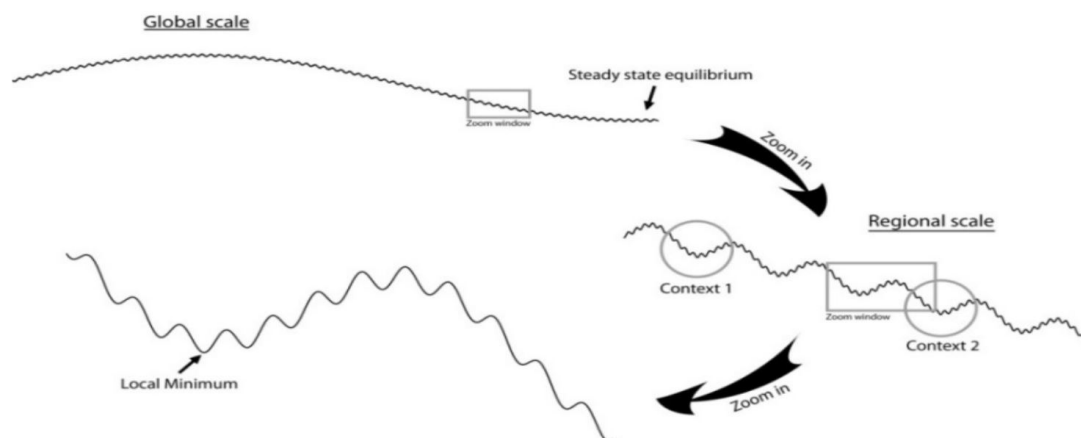


Figure 23 : Modèle des variations d’échelles d’effet de contextes (Forissier et al., 2013)

Les contextes, selon cette étude, possèdent des paramètres, auxquels des valeurs prédictives sont implémentées. Les écarts ainsi observés entre les paramètres de deux contextes différents permettent de comprendre les différences ou les écarts entre ces contextes et de prévoir les effets de contextes. Dérivé de ce modèle et de ces postulats, Forissier et al. (2013) ont instauré le « *Mazcalculateur* » ou « *Mazcalc* ». Il s’agit d’un outil permettant de calculer les écarts de contextes externes et de prédire les effets de contextes. Le Mazcalculateur permet d’outiller le concept du « *modèle clash* » dont le principe est de mettre en relation deux contextes et de comparer chacun de leurs paramètres afin de fournir une indication générale sur leurs écarts.

Une étude ultérieure des même auteurs (Forissier, Bourdeau, Mazabraud et Nkambou, 2014) précise les objectifs du Mazcalc et du modèle clash pour une application didactique. Les objectifs, selon cette étude, sont de modéliser l’organisation de l’émergence des effets de contextes entre les contextes internes de deux apprenants. Comme expliqué plus haut, dans ce cas, ce sont les contextes internes

des apprenants, qui mis en interaction, peuvent générer des effets de contextes. Il n'est pas possible de modéliser les conceptions d'individus, soit leur contexte interne, car il s'agit de systèmes très complexes difficilement descriptibles. Mais nous supposons que les conceptions sont liées au contexte externe. Ainsi, la modélisation des contextes externes pourrait permettre d'identifier des écarts dans les conceptions des apprenants, vis-à-vis de leur contexte externe. Cela permettrait de prévoir les effets de contextes susceptibles d'émerger lors d'interactions entre les deux individus. L'identification préalable d'écarts de contextes externes vis-à-vis d'un objet d'étude permet ainsi de prédire l'émergence d'effets de contextes entre les conceptions d'apprenants aux contextes externes éloignées (figure 24). Dans l'exemple illustré par cette figure, l'objet scientifique étudié est la grenouille (dont l'expérimentation pédagogique a été réalisée par Fécil, et décrite plus haut).

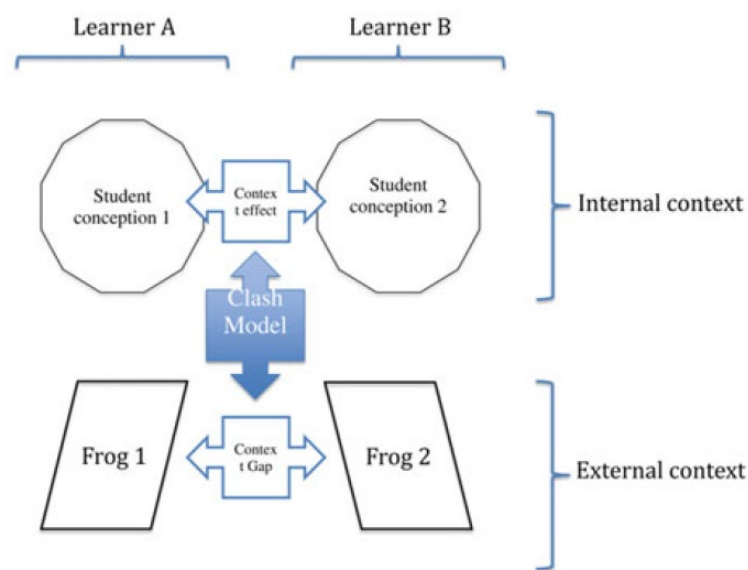


Figure 24 : Modèle Clash (Forissier et al., 2014)

Selon le modèle, les contextes externes des apprenants participent à la construction de leur contexte interne, vis-à-vis d'un objet d'étude. Les contextes internes et externes d'individus peuvent être différents en fonction des individus et présenter des écarts. Les écarts de contextes externes sont responsables des écarts dans les conceptions des apprenants. Et les écarts de conceptions génèrent des effets de contextes.

Une fois cette théorie acceptée, le calculateur de contexte pourrait être créé. Son objectif serait de modéliser des contextes externes vis-à-vis d'un objet d'étude (la géothermie par exemple) et d'un contexte éducatif (niveau des élèves, objectif d'enseignement) et de calculer les écarts. Les écarts ainsi calculés pourraient servir de base ou de piste pour les enseignants, pour la création de scénarios pédagogiques basés sur les effets de contextes.

1.4.4. Modéliser le contexte

Selon Rumbaugh, Blaha, Premerlani, Eddy et Lorensen (1991) les modèles correspondent à des représentations simplifiées permettant de faciliter la compréhension de systèmes, de processus ou de la réalité. Ils permettent de comprendre avant de construire. Ainsi, l'idée du modèle clash serait de comprendre les différents contextes didactiques en jeu avant la construction d'un scénario pédagogique.

Les premières études pour la modélisation de contextes concernent le domaine de l'informatique. Le « *context-aware computing* » a été introduit pour la première fois par Schilit et Theimer (1994), afin d'améliorer la relation entre l'humain et l'ordinateur en rendant l'ordinateur sensible au contexte de l'humain. Dans ce champ, les deux définitions du contexte les plus populaires sont les suivantes : « *Le contexte est ce qui n'intervient pas directement dans la résolution d'un problème, mais contraint sa résolution* » (Brézillon, 2003) et le contexte est « *toute information pouvant être utilisée pour caractériser la situation d'une entité (personne, objet physique ou informatique), et plus généralement tout élément pouvant influencer le comportement d'une application* » (Dey, Abowd et Salber, 2001). Ces auteurs voient le contexte comme un ensemble d'éléments ou une liste d'informations concernant un utilisateur. Selon Abowd et al. (1999) le contexte d'un utilisateur est constitué par des informations de premier niveau qui sont la localisation, l'identité, l'activité et le temps.

Les travaux de Savard (2014), dans le champ de l'éducation, portent la sur la modélisation de la culture. Ces idées convergent vers notre conception de la modélisation du contexte. Elle identifie, par de multiples enquêtes, des « *variables culturelles* ». Ces variables ont pour objectif de « *circonscrire la notion de culture* » et fournissent un cadre générique pour l'analyse et la comparaison de différentes cultures selon des dimensions sociales, historiques, politiques, et bien d'autres. Les variables identifiées ont, selon elle, une influence sur l'efficacité d'un scénario pédagogique et la qualité des apprentissages. Dans cette même optique, nous pensons que la modélisation du contexte peut se faire par l'identification de multiples variables en interaction avec le contexte.

Forissier et al. (2013) soulignent que les contextes didactiques peuvent être décrits en termes de paramètres reliés aux objectifs de la recherche. Nous considérons donc le contexte comme pouvant être caractérisé par des paramètres qui sont implémentés en fonction de la situation, de l'objet ou de la personne. Dans notre cas ces paramètres concernent un objet : la géothermie, et peuvent être implémentés en fonction de la situation didactique et du contexte spatial. Ainsi, nous pensons qu'un scénario pédagogique, sur la géothermie, basé sur les effets de contexte, peut se faire par la modélisation des contextes géothermiques et par des calculs d'écarts entre les différents contextes. La pédagogie pourra ainsi favoriser l'émergence des effets de contextes et permettre l'apprentissage des concepts en facilitant leur transposition à différents contextes.

1.5. Problématique

Depuis les dernières décennies, la géothermie est en plein essor dans les Caraïbes, mais les coûts élevés et les études de prospection longues mais nécessaires, n'ont pas encore montré de résultats concrets vis-à-vis de ce potentiel (Laplaige et al., 2013), mis à part en Guadeloupe, où la géothermie fournit 8,5% de l'électricité. Ce développement très lent, additionné de la faible sensibilisation faite sur ces sujets, entraîne une méconnaissance des populations envers la géothermie menant parfois à de la réticence, voire même à de l'opposition totale face aux projets visant le développement industriel de cette énergie. En effet, le constat a été fait d'une très faible connaissance des populations locales vis-à-vis de cette énergie comme étant renouvelable, comparativement à l'éolien, au photovoltaïque ou au solaire, et donc d'un besoin de sensibiliser les populations sur ce sujet (BVA Group, 2014). Ce besoin de sensibilisation se fait d'autant plus sentir chez les jeunes qui constitueront la future génération devant vivre dans un monde où les problématiques liées à la préservation de la Terre sont au cœur des préoccupations. Par ailleurs, le contexte particulier de la Guadeloupe et des îles composant l'arc antillais (géologique et économique) a fait émerger une volonté politique particulière de développement de cette ressource en Guadeloupe, dans une optique de transition écologique et de croissance verte.

L'éducation, en continuelle adaptation, réussit de plus en plus à intégrer les notions complexes du réchauffement climatique et du développement durable en France (De Lacaze, 2015). Elle constitue finalement une voie d'accès à une sensibilisation intelligente et profonde envers ces concepts nouveaux. Nous cherchons ici, non pas à communiquer, mais à fournir des pistes sur une éducation objective et construite vis-à-vis de la géothermie.

L'enseignement des sciences, au cours des 20 dernières années a évolué et « *les programmes du primaire et du secondaire appellent à la formation de futurs citoyens, capables de comprendre les débats sociétaux impliquant les sciences, de faire des choix responsables et de participer à la vie démocratique.* » (Maurines et Orange Ravachol, 2016). Or, comme nous l'avons observé, il ne semble pas exister véritablement d'éducation à la géothermie. Ce concept peut cependant être abordé dans diverses disciplines, dépendamment des objectifs d'apprentissages visés. Les sciences de la Terre, la physique, l'éducation au développement durable constituent des voies d'entrées pour l'apprentissage de la géothermie. Par ailleurs, fournir aux jeunes les outils nécessaires à leur compréhension du monde dans lequel nous vivons leur permettra, par la suite, d'agir et de participer activement au développement durable et responsable de leur territoire. Leur sensibilisation est, selon nous, un pilier pour l'acceptation de tels projets mais surtout pour la diffusion des connaissances au sein des populations. Toutes ces considérations nous amènent à nous poser la question suivante :

Comment construire des enseignements de qualité sur le sujet de la géothermie en contexte guadeloupéen ?

Bien trop souvent, un enseignement ne conduit pas à un apprentissage, et de multiples facteurs sont à prendre en compte lorsqu'on s'intéresse à la didactique d'une discipline (connaissances préalables, motivation, situation didactique...). Faire de l'apprentissage un besoin pour un apprenant est une stratégie intéressante à prendre en compte. Le besoin peut être généré par un manque de connaissances pour expliquer un phénomène, ou bien par une perturbation dans le système conceptuel et cognitif d'un apprenant. Ainsi, la démarche d'investigation, l'apprentissage par objectif

obstacle (Martinand, 1986) ou encore la genèse de conflits cognitifs nous paraissent être des éléments pertinents pour une éducation moderne et efficace à la géothermie.

Comme nous l'avons énoncé dans la partie théorique, les conceptions sont un système d'idées complexes et difficilement descriptibles. Elles peuvent être étudiées selon des interactions entre les connaissances, les pratiques sociales de références et les systèmes de valeurs (Clément, 2010; Forissier, 2003). La première partie de la recherche mise en place s'articule donc autour de la question suivante :

Quelles sont les conceptions d'apprenants sur la géothermie ?

Afin de répondre à cette question, nous dressons un état des lieux des conceptions de jeunes vis-à-vis de la géothermie dans trois îles des Antilles (Guadeloupe, Martinique, et Dominique). Notre enquête est ciblée sur des élèves de la tranche d'âge 14-15 ans.

Notre hypothèse initiale est la suivante : les conceptions préexistantes chez les apprenants sont fortement liées au contexte géothermique (géologique, politique et industriel). Des contextes géothermiques différents (comme ceux identifiés dans les différentes îles interrogées) mènent à l'identification de conceptions distinctes. Les conceptions sont situées dans un contexte, elles se sont construites dans ce contexte, et y sont donc fortement liées.

Comme l'indique Van Wissen et al. (2013), le contexte interne d'un apprenant (ses conceptions) est fortement lié à son contexte externe (son environnement) car les conceptions sont construites dans le contexte. Ainsi, le contexte externe, au même titre que les conceptions, joue un rôle fondamental dans l'apprentissage et doit être pris en compte dans un enseignement.

La situation particulière de la Guadeloupe fait que l'enseignement et l'apprentissage sont très impactés par le contexte. Les effets du contexte sur l'apprentissage et l'enseignement ont été déjà analysés. Les effets de contextes, selon Forissier (2015), sont les phénomènes de décalage entre des contextes internes ou des conceptions portées par des apprenants ayant des contextes différents. Ils surviennent lors d'interactions didactiques mettant en confrontation ces conceptions.

Tout comme pour les obstacles à l'apprentissage générés par les conceptions alternatives portées par des apprenants et servant de support aux apprentissages, les effets de contexte sont des obstacles à surmonter pouvant générer des apprentissages. Le contexte, lorsqu'il est responsable d'un décalage dans les conceptions peut être un outil à la mise en évidence d'obstacles. Il peut alors être mis dans une position centrale de l'enseignement. L'enseignement sera alors basé sur les effets de contextes. Au même titre que les enseignements par objectifs obstacles de Martinand (1986), nous pensons qu'un enseignement par objectifs obstacles basés sur les effets de contextes peut être une ressource pour des apprentissages multi-contextuels soit plus riches et plus ouverts sur le monde.

Comment créer des enseignements basés sur les effets de contextes ?

Peut-on prédire l'émergence des effets de contextes ?

Comment décrire un effet de contextes ?

Nous expérimentons, dans la deuxième partie de cette recherche, une modélisation des contextes (relativement à un objet d'étude et à une situation pédagogique) afin de prévoir les écarts de conceptions et donc de prévoir l'émergence des effets de contextes. En d'autres termes, nous concevons une ébauche fonctionnelle du Mazcalc décrit en amont, sur le sujet de la géothermie. Notre hypothèse est que cela permettra de donner des pistes aux enseignants lors de la création de scénarios pédagogiques pour que ces derniers s'intègrent dans une optique d'enseignement par objectif obstacle basé sur les effets de contextes. Nous mettons en place une expérimentation pédagogique dont le scénario est basé sur les écarts de contextes calculés, puis nous tentons d'identifier et d'analyser des effets de contextes.

Finalement ces deux parties de la thèse permettent de mettre en relation les notions de conceptions, de contextes et d'effets de contextes sur les questions de l'apprentissage et de l'enseignement de la géothermie en Guadeloupe.

2. La géothermie : conceptions d'apprenants

2.1. Introduction et problématique

Les recherches en didactique des sciences ont déjà démontré à bien des égards qu'un enseignement ne peut se faire sans prendre en compte les conceptions des apprenants. Dans le cadre de l'éducation à la géothermie, nous décrivons les conceptions en nous inspirant du modèle KVP (Forissier, 2003) que nous précisons pour l'apprenant. Selon ce modèle, les conceptions sont construites en fonction d'un système de trois facteurs : les connaissances (K), le système de valeurs (V) et les pratiques sociales de référence (P). Nous utiliserons plutôt les termes de connaissances, opinion et expérience de l'apprenant. La prise en compte des connaissances préalables des apprenants, de leur relation passée avec la géothermie et de leur opinion ou de leur positionnement par rapport au développement d'exploitations de cette ressource nous paraît cruciale pour l'efficacité d'une éducation dans cette discipline. Nous acceptons cependant l'idée selon laquelle « *il n'existe pas d'analyse générale de conceptions dans un domaine. Une conception est un système trop complexe pour pouvoir être décrit dans sa totalité* » (Orange, 1995).

La Guadeloupe, la Dominique et la Martinique sont trois îles mitoyennes des Petites Antilles. Elles sont apparues il y a environ 30 millions d'années et résultent de la subduction des plaques atlantiques sous la plaque caraïbe. Ces trois îles ont des contextes géologiques très proches et possèdent des ressources géothermiques de natures relativement similaires, mais de tailles probablement variées (l'état précoce des recherches dans ce domaine en Martinique rend la comparaison peu pertinente). En revanche, les stades d'exploration et d'exploitation de la géothermie dans ces îles sont très différents.

La Guadeloupe est une région et un département d'Outre-mer français. Elle a une superficie de 1 628 km² pour 405 739 habitants et est dépendante énergétiquement à 89% en 2015. Elle possède une ressource géothermique exploitée depuis les années 80, produisant aujourd'hui 84 073 MWh, ce qui correspond en moyenne à 8% de la consommation en électricité de l'île (Observatoire Régional de l'Energie et du Climat, 2017).

Depuis le 1^{er} janvier 2016, la Martinique est devenue une collectivité territoriale d'Outre-mer française. Sa superficie est de 1 128 km² pour 386 486 habitants et elle ne produit pas d'énergie géothermique. La Martinique est dépendante énergétiquement à 93% en 2015, sa production d'énergies renouvelables s'élève à 7% de l'électricité totale consommée (essentiellement éolienne et photovoltaïque).

Enfin, la Dominique est un pays indépendant, appartenant au Commonwealth, membre du CARICOM¹³ (Caribbean Community), de l'Organisation des États des Caraïbes orientales¹⁴ (OECO) et du Partenariat Mondial pour l'Éducation¹⁵ (GPE). Sa superficie de 750 km² accueille 73 543 habitants. L'économie de la Dominique repose essentiellement sur le tourisme et l'agriculture. Dans les années 60, l'hydroélectricité subvenait à 90% des besoins de l'île, mais avec l'augmentation de la demande, aujourd'hui, les trois centrales hydroélectriques situées sur la rivière de Roseau produisent

¹³ Le CARICOM est une organisation regroupant plusieurs États anglophones des Caraïbes ayant pour objectif de renforcer les liens entre états dans la Caraïbe et de construire un espace de libre échange.

¹⁴ L'OECO est une organisation de consultation, de coopération et d'action concertée entre plusieurs pays et dépendances des Antilles orientales. Ses domaines d'activité prioritaires sont actuellement le commerce, le transport, le tourisme durable et la gestion des catastrophes naturelles.

¹⁵ Le GPE est un partenariat qui vise à soutenir les pays pour l'éducation.

seulement 27% de l'électricité de l'île. Le solaire et l'éolien produisent quant à eux 1% de la demande et les 71% restant proviennent de la combustion de diesel importé. Malgré un potentiel géothermique prouvé important dans la vallée de Roseau, aucune centrale géothermique de production n'existe à l'heure actuelle. Cependant, trois forages exploratoires ont été réalisés entre 2011 et 2012 (deux à Laudat et un à Wotten Waven). Un forage de production a été réalisé entre 2013 et 2014 à Laudat et un forage de réinjection, à Trafalgar (figure 25). Une étude sociale et environnementale a également été conduite par l'ADEME entre décembre 2013 et juin 2015, date à laquelle les exigences d'évaluation de l'impact environnemental n'étaient pas respectées.

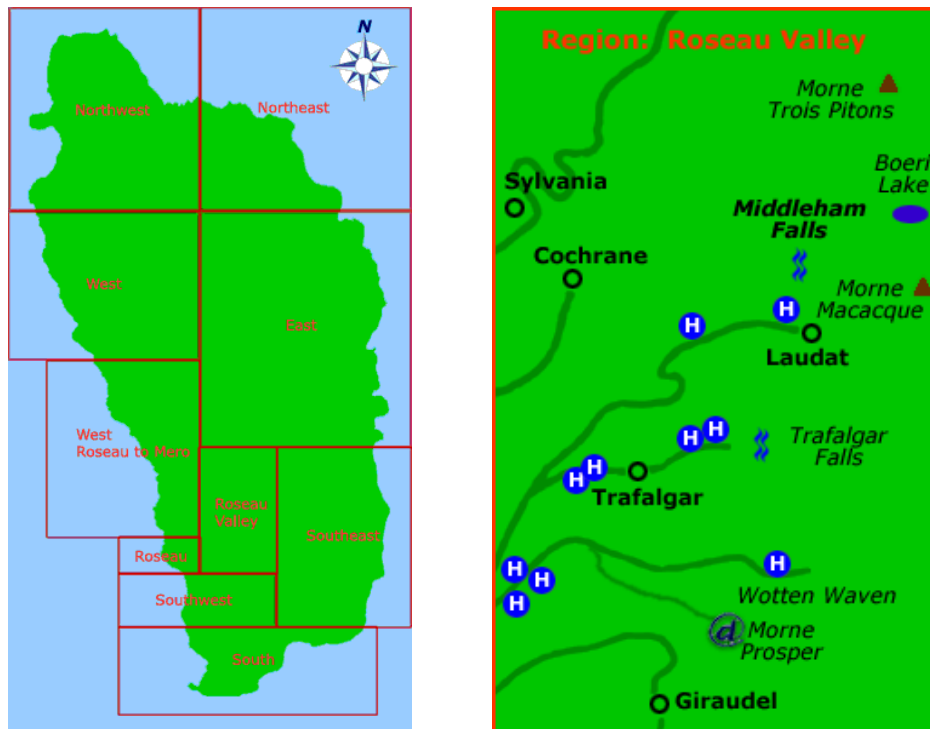


Figure 25 : Carte de la Dominique et de la région de la vallée de Roseau

Les systèmes éducatifs de la Guadeloupe et de la Martinique sont les mêmes que ceux appliqués en France, à quelques nuances près. En effet, depuis février 2017, le programme de SVT du cycle 4 a été adapté pour la Guadeloupe, la Martinique, la Guyane, la Réunion et Mayotte, et certaines de ces adaptations concernent les matières pouvant être corrélées au domaine de la géothermie. Une colonne appelée « contextualisation » précise pour chaque thème du programme scolaire, les exemples, les références ou les ressources locales à utiliser pour illustrer les contenus. Par exemple : pour le chapitre « La Terre dans le système solaire », les enseignants en Guyane sont invités à utiliser des ressources issues du centre spatial de Kourou. Pour ce même chapitre, les programmes de Guadeloupe et de Martinique proposent comme explications des phénomènes géologiques et géodynamiques, de s'appuyer sur le contexte des Antilles et de faire appel aux données d'organismes présents localement¹⁶ (Ministère de l'Éducation nationale, 2017a; Ministère de l'Éducation nationale, 2017b). Des adaptations sont également proposées pour les disciplines de l'Histoire et de la

¹⁶ Disponible sur http://www.education.gouv.fr/pid285/bulletin_officiel.html?cid_bo=114074 (consulté le 12/05/2018)

géographie. En géographie, l'arrêté du 07/01/2013 préconise une adaptation du thème n°2 « Les dynamiques de la mondialisation » avec l'étude de la mondialisation de produits issus de l'Outre-mer et des espaces maritimes¹⁷.

La Dominique possède son propre système éducatif, proche du système britannique. Le programme national est organisé en quatre étapes clés (« *key stage* ») obligatoires pour tous les enfants. La première partie de l'éducation : *key stage* 1 et 2 (« *grade* » K et 1 à 6) forme les élèves de 5 à 11 ans. Elle est répartie en cinq grands domaines : le langage et les arts, les mathématiques, les sciences, les arts visuels et du spectacle (VPA) et l'éducation à la santé et à la vie familiale (HFLE). Le domaine des sciences aussi appelé sciences et technologies est réparti en quatre sous-domaines : les sciences de la vie, les sciences physiques, les sciences de la Terre et de l'espace, et les sciences de l'agriculture. La seconde partie de l'éducation : *key stage* 3 et 4 (« *form* » 1 à 5) forme des élèves de 12 à 16 ans. Les matières sont organisées selon deux groupes : les matières fondamentales obligatoires et les matières optionnelles. Les matières obligatoires sont au nombre de huit : le langage, les mathématiques, les sciences et technologies (incluant les technologies de l'information et de la communication), l'agriculture, les sciences sociales, le HFLE, le VPA et l'éducation physique et sportive.

Dans le cadre d'une réflexion sur le développement d'une éducation à la géothermie dans un contexte antillais, et donc d'une didactique de la géothermie dans ce contexte, l'enrichissement des connaissances sur les conceptions d'individus en situation scolaire semble être nécessaire.

Au-delà d'une estimation de l'opinion publique, déjà fournie dans ce contexte (BVA Group, 2014), nous souhaitons recueillir des informations sur les conceptions KVP des populations de scolaires de Guadeloupe, Martinique et Dominique sur la géothermie. Notre but est de caractériser les conceptions présentes sur ces territoires issues d'un « déjà-là », émanant d'élèves n'ayant pas – a priori – bénéficié d'un enseignement spécifique en lien avec la géothermie. Nous souhaitons également connaître l'opinion individuelle déclarée de ces personnes, leur positionnement vis-à-vis des questions socio-scientifiques relatives à la géothermie, émergentes dans ces territoires. Enfin nous estimons important de connaître le rapport de ces élèves vis-à-vis de la géothermie, c'est-à-dire leur relation effective passée avec cette notion scientifique, ainsi que le cadre dans lequel celles-ci ont eu lieu.

Ce chapitre se consacre à l'étude des conceptions d'apprenants sur la géothermie, grâce à une enquête par questionnaires réalisée dans des classes de secondes de lycées généraux publics et privés en Guadeloupe, Martinique et Dominique. L'avantage d'une enquête par questionnaire est qu'elle permet d'interroger un plus grand nombre d'individus, comparativement à l'enquête par entretien. Elle produit donc des résultats quantitatifs.

L'enquête présentée ici se distingue de celle réalisée en 2014 sur les populations d'adultes (BVA Group, 2014), dans le sens où sa portée didactique lui confère une dimension prospective et réflexive sur les problématiques portées par la thèse. Comme nous l'avons indiqué dans le cadre théorique, l'enquête en deux parties réalisée en 2014 consistait d'une part, à recueillir des informations sur les conceptions et l'acceptabilité de la géothermie et des énergies renouvelables en Guadeloupe, Martinique et Dominique, par téléphone, auprès de riverains (questionnaire), et d'autre part, à

¹⁷ Cf. http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=72370 (consulté le 20/08/2018)

approfondir les résultats des questionnaires pour définir une démarche optimale d'acceptabilité de projets de développement de la géothermie auprès d'organismes, de leaders d'opinion et de riverains (entretiens téléphoniques ou en face à face). De manière très globale et résumée, il ressort de cette étude que la population possède une bonne connaissance de ce qu'est la géothermie et y est plutôt favorable. Les Guadeloupéens veulent être mis à contribution dans le développement et l'exploitation de la ressource. Les Dominicains veulent être informés et craignent que cela génère de la pollution ou des catastrophes naturelles, et les Martiniquais veulent être plus informés sur les intérêts de cette énergie. Une comparaison détaillée entre l'étude actuelle et l'étude antérieure, permettra de rendre compte des différences ou des ressemblances entre les deux populations. En revanche, les objectifs d'acceptabilité sociale de l'enquête antérieure, très différents de ceux didactiques recherchés ici, peuvent rendre la comparaison délicate et peu significative.

Par ailleurs, dans une démarche didactique, une autre étude a été réalisée en 2008, dans des classes de primaire de Guadeloupe, dans les communes de Bouillante et du Gosier. Elle avait pour objectif de caractériser l'effet du contexte sur les conceptions d'élèves de 11 ans (CM2) vis-à-vis de la géothermie dans trois lieux différents en Guadeloupe et d'identifier l'effet de la proximité de l'usine sur ces dernières. Elle étudiait aussi la corrélation entre les conceptions des élèves et celles de leurs enseignants. Il est ressorti de cette étude que les conceptions des élèves sont liées à leur lieu de vie, mais que l'opinion de l'enseignant, au sens de la position qu'il prend face à ce sujet, n'est pas reproduite par les élèves. Le contexte familial prédominerait sur le contexte de l'école pour ce qui est de la construction de leur opinion (Mazabraud et Forissier, 2010).

Dans la lignée de Mazabraud et Forissier, nous étudions aussi les conceptions d'apprenants. La population échantillonnée est homogène, elle est restreinte à la classe d'âge 14-15 ans. L'interrogation initiale réside dans la relation entre les conceptions sur la géothermie et les différents territoires antillais qui, malgré des contextes géologiques proches, possèdent un rapport à la géothermie très différent. Les utilisations et le stade de développement ne sont pas les mêmes pour ces trois îles. Cette étude basée sur un questionnaire est soumise à des échantillons représentatifs, elle vise à caractériser les conceptions sur la géothermie afin d'observer l'importance de la situation géographique dans la construction des conceptions d'apprenants. Elles seront caractérisées pour chacune des trois îles.

La question de recherche, déjà énoncée en amont, et à laquelle nous allons tenter de répondre par notre enquête est la suivante :

Quelles sont les conceptions d'apprenants sur la géothermie ?

Hypothèse générale :

Notre hypothèse principale est que les conceptions des élèves sont influencées par le contexte géothermique dans lequel ils se trouvent.

La description détaillée des conceptions recueillies et de leur organisation dans les trois îles permettra de répondre à notre question et également d'étudier l'hypothèse sur les liens entre contextes et conceptions.

2.2. Méthodologie

L'enquête a été réalisée sur les îles de Guadeloupe, Martinique et Dominique, entre les mois d'octobre 2016 et juin 2017. Il s'agit d'une enquête par questionnaire de nature quantitative.

2.2.1. Échantillonnage

Pour la réalisation de l'enquête par questionnaire, nous avons choisi un échantillon de population puis calculé le nombre d'individus nécessaires à interroger afin que les résultats de l'enquête soient représentatifs de l'ensemble de la population ciblée. Pour la Guadeloupe et la Martinique, des élèves de seconde sont interrogés, pour la Dominique, il s'agit d'élèves de « *form 3* ». Pour les trois îles, les jeunes sont âgés entre 14 et 15 ans et suivent un cycle général. Pour des questions pratiques, nous avons choisi d'interroger le maximum d'élèves dans chaque lycée démarché. Cette méthode a pour avantage de limiter les demandes et les déplacements dans différents lycées.

Selon les données de 2015-2016 fournies par l'Académie de Guadeloupe, 11 973 élèves au lycée (public ou privé) suivaient un cycle général en Guadeloupe. Les élèves de seconde représentent environ un tiers de ce chiffre soit 3 991 élèves, que nous arrondissons à la dizaine supérieure : 4 000 élèves. Il s'agit là de notre population cible dont sera extrait notre échantillon.

Pour calculer la taille de notre échantillon aléatoire simple sans remise, nous utilisons la formule suivante (Vaillant, 2010) :

$$n \geq \frac{Nu^2_{1-\frac{\alpha}{2}}}{u^2_{1-\frac{\alpha}{2}} + 4(N-1)d^2}$$

Avec :

n : Échantillon représentatif de la population cible. Il s'agit du nombre que l'on recherche, le nombre minimum d'individus à interroger pour que l'enquête soit représentative de notre population cible.

N : Taille de la population cible, c'est-à-dire, nombre d'élèves en seconde dans un lycée général (public ou privé). Ici la taille de la population ciblée est de 4 000 pour la Guadeloupe.

$u_{1-\frac{\alpha}{2}}$: Niveau de confiance attribué aux réponses, la valeur type du niveau de confiance de 95% est 1,96.

d : Marge d'erreur absolue du résultat, généralement fixé à 5% (0,05).

$$n \geq \frac{4000 * 1,96^2}{1,96^2 + 4(4000 - 1) * (0,05)^2}$$

$$n \geq \frac{15366,4}{43.8316}$$

$$n \geq 350,58$$

Afin que notre échantillon soit représentatif, 351 élèves, au minimum, doivent être interrogés en Guadeloupe. De la même manière, l'échantillon minimum représentatif pour la Martinique est de 342 individus, pour une population cible de 3 040 élèves de seconde générale publique et privée. En regard du peu de données disponibles pour la Dominique, un échantillon similaire à celui de Guadeloupe a été adopté, il sera suffisant pour être représentatif de la population ciblée puisque la population Dominiquaise est bien moindre que celle de la Guadeloupe.

2.2.2. Déroulement de l'enquête

2.2.2.1. Déroulement de l'enquête en Guadeloupe et en Martinique

La sélection des établissements pour ces deux îles s'est faite en fonction des réponses des enseignants, de leur disponibilité, et de l'accord des chefs d'établissement. Le recueil de données s'est déroulé pour la Guadeloupe et Martinique entre les mois de septembre et octobre 2016. Il y a en Guadeloupe 33 lycées, dont neuf lycées polyvalents, et 16 lycées généraux et technologiques¹⁸. Quatre lycées ont participé au recueil de données : deux lycées polyvalents publics (le lycée Raoul George Nicolo à Basse-Terre et le lycée Yves Leborgne à Saint-Anne), un lycée général et technologique public (le lycée de Pointe-Noire), et un lycée général et technologique public (La Persévérance, aux Abymes). En Martinique le recueil s'est déroulé entre le 10 et le 14 octobre 2016. Sur les 31 lycées, il y a 14 lycées généraux et technologiques publics, neuf lycées professionnels publics, et huit lycées privés¹⁹. Cinq établissements ont participé à l'enquête : le lycée de Bellefontaine, les lycées généraux et technologiques de Ducos et de Trinité, le lycée Acajou 1 du Lamentin et le lycée de Schœlcher (figures 26 et 27).

¹⁸ Cf. https://www.ac-guadeloupe.fr/liste_des_etablissements_scolaires (consulté le 15/12/2016)

¹⁹ Cf. <http://www.ac-martinique.fr/cid120809/annuaire-academiques-etablissements.html> (consulté le 15/12/2016)

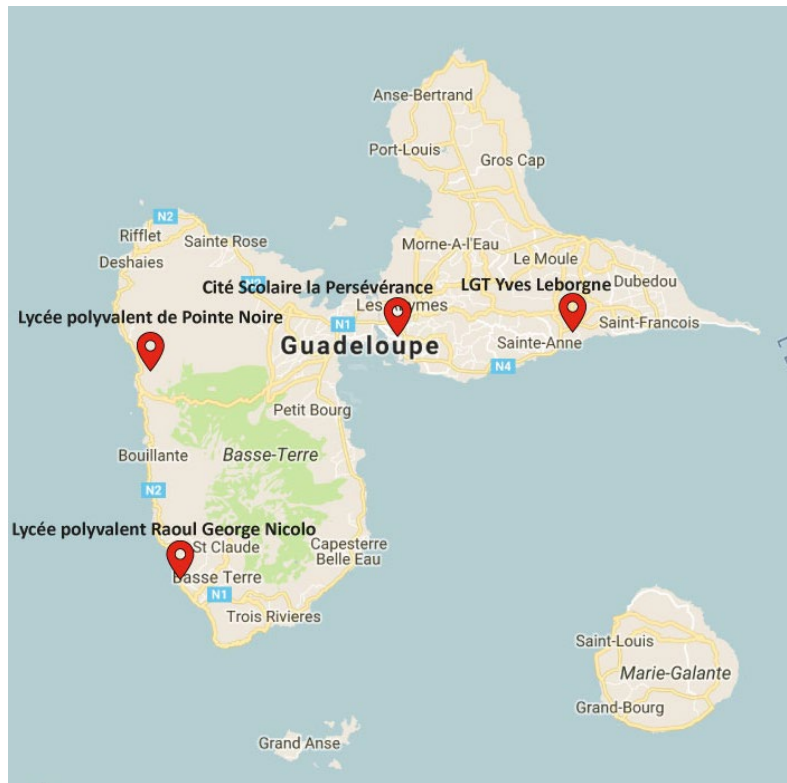


Figure 26 : Localisation des lycées faisant l'objet de l'enquête en Guadeloupe

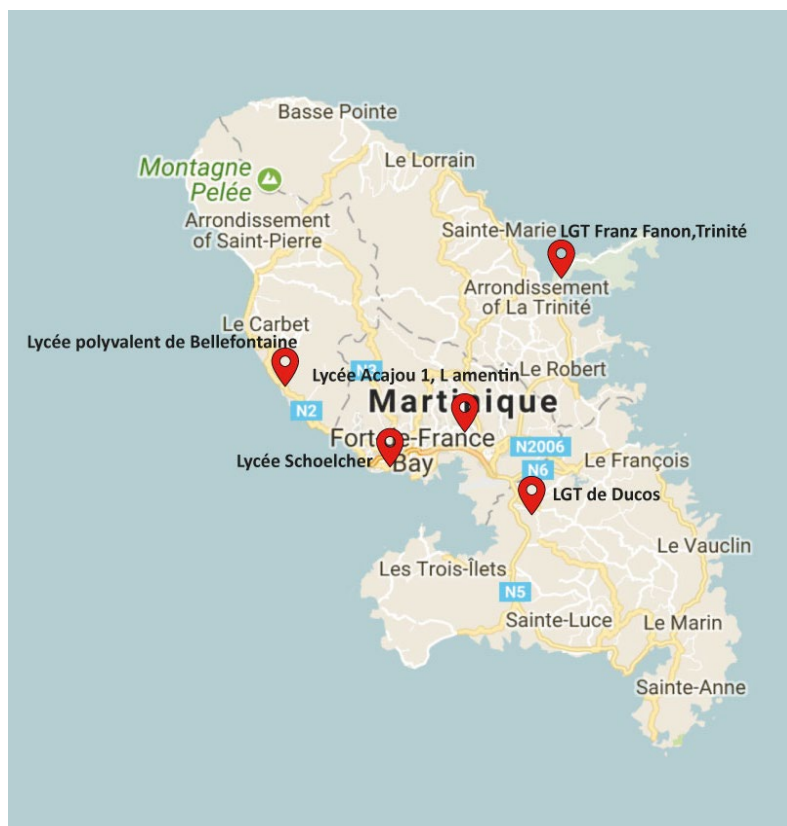


Figure 27 : Localisation des lycées faisant l'objet de l'enquête en Martinique

2.2.2.2. Déroutement de l'enquête en Dominique

L'organisation de l'enquête en Dominique a été différente de celle des deux autres îles. Peu d'informations sont disponibles sur Internet concernant les écoles, leur proviseur ou leurs enseignants. J'ai, dans un premier temps, écrit directement aux écoles qui disposaient d'un contact e-mail sur leur site web. Mais je n'ai obtenu aucune réponse. Puis, j'ai réussi à obtenir les coordonnées de la ministre du département des Langues Modernes, Mme Charlene White-Christian, grâce à un des membres associés du CRREF, M. Bruce Jno Baptiste. Mme la Ministre m'a alors transmis les contacts mail de tous les proviseurs des écoles secondaires de Dominique et m'a également rédigé une lettre d'autorisation pour mener mon enquête au sein de ces écoles (cf. annexe 1 p. 323). Seulement cinq des 15 chefs d'établissement contactés m'ont répondu, dont un négativement. Deux séjours en Dominique ont été organisés, un premier pour rencontrer les proviseurs et officialiser la demande, puis un second pour la passation des questionnaires.

Le premier séjour en Dominique m'a permis de rencontrer le proviseur de Castle Bruce Secondary School, sur la côte Est de l'île. Il m'a autorisé à faire passer mon questionnaire le jour même. J'ai obtenu 114 questionnaires de quatre classes le 03/04/2017. J'ai ensuite rencontré le chef d'établissement de Grand Bay Secondary School, qui m'a demandé de lui fournir une autorisation de Mme la ministre de l'Éducation et des Ressources Humaines, Mrs Melena Fontaine, avant de faire passer mes questionnaires (cf. annexe 2, p. 325). Enfin, j'ai rencontré les proviseurs de St. Mary's Academy et de St. Martins Secondary School, respectivement, Mr Holmes et Mrs Andra Christian. Mrs Christian m'a permis de faire passer mon questionnaire à une classe le jour même (21 questionnaires le 04/04/2017) et Mr Holmes m'a organisé une intervention plus tard durant le mois.

Lors de ce premier séjour improvisé, j'ai donc obtenu, 134 questionnaires et rencontré la totalité des proviseurs qui avaient répondu positivement à ma demande.

Mon deuxième séjour en Dominique m'a permis de finaliser ma collecte de données. Après avoir pris contact avec le ministère de l'Éducation, j'ai pu obtenir 36 questionnaires à St. Martins Secondary School, l'école de filles de Roseau (le 11/04/2017), 79 questionnaires à St. Mary's Academy, l'école de garçons de Roseau (le 10/04/2017) et 122 questionnaires dans l'école de Grand Bay, dans le Sud de l'île le 10/04/2017 (figure 28).



Figure 28 : Localisation des lycées faisant l'objet de l'enquête en Dominique

2.2.2.3. Tableau récapitulatif de l'échantillonnage

Le tableau récapitulatif de l'échantillonnage est présenté à la suite (tableau 6). Un total de 496 élèves a été interrogé en Guadeloupe, 481 élèves en Martinique et 372 en Dominique.

Tableau 6 : Nombre de classe et effectif d'élèves ayant participé à l'enquête

Iles	Communes	Lycées	Nombre de classes	Nombre d'élèves	
Guadeloupe	Basse-Terre	LP Raoul Georges Nicolo	6	177	496
	Pointe-Noire	LP Pointe-Noire	4	77	
	Sainte-Anne	LGT Yves Leborgne	7	213	
	Les Abymes	La Persévérance	1	29	
Martinique	Bellefontaine	LP de Bellefontaine	3	90	481
	Trinité	LGT Franz Fanon	3	89	
	Schœlcher	Lycée Schœlcher	2	55	
	Lamentin	Lycée Acajou 1	1	28	
	Ducos	LGT Ducos	7	219	
Dominique	Castle Bruce	Castle Bruce Sec. Sc.	4	114	372
	Roseau	St. Mary's Ac	2	57	
	Roseau	St. Martins Sec. Sc.	4	79	
	Grand Bay	Pierre Charles Sec. Sc.	6	122	

2.2.3. Recueil de données : modalités de passation et questionnaire

Les questionnaires ont été soumis sur le temps scolaire et en présence du chercheur en classe. La sélection des lycées s'est faite en fonction de l'accord des chefs d'établissements et de la disponibilité des enseignants de SVT (Sciences de la Vie et de la Terre) et des élèves pour la Guadeloupe et Martinique. En Dominique, les interventions se sont déroulées selon les directives du chef d'établissement, dans différentes matières en lien ou non avec les sciences.

La passation du questionnaire pour chacune des trois îles s'est faite en face à face. Grâce à cela, les conditions étaient maîtrisées. Les élèves ont été directement approchés et il a été possible de répondre aux éventuelles incompréhensions concernant le questionnaire, mais aussi d'expliquer l'objectif de l'étude sans pour autant biaiser les représentations et les réponses. Il a donc également été possible, pour les classes qui le désiraient et pour lesquelles les enseignants y étaient favorables, d'expliquer ce qu'est la géothermie, et de répondre aux questions sur ce sujet, après la passation du questionnaire.

2.2.4. Limites de l'enquête par questionnaire

Une enquête par questionnaire permet imparfaitement la description de conceptions. Nous n'avons accès qu'aux réponses aux questions proposées. Ces réponses sont conjoncturelles et soumises à interprétation.

Le lycée de Pointe-Noire est le lycée le plus proche de la zone d'exploitation de géothermie de Bouillante. Cet établissement accueille des élèves de Bouillante, mais aussi de Deshaies ou Pointe-Noire, plus éloignées. Aussi, il se peut que les conceptions des élèves de ce lycée ne soient pas uniquement forgées par la proximité avec l'exploitation.

Bien que les conditions de passation aient fait l'objet d'un protocole rigoureux, en particulier pour le temps et le lieu de passation, l'attention des élèves n'a pas été la même dans toutes les classes. Il se peut que le questionnaire n'ait pas été rempli avec le même sérieux dans toutes les classes.

Le questionnaire comprenant de nombreuses questions ouvertes et notamment des dessins, la catégorisation à posteriori est soumise à la subjectivité du chercheur. Pour les dessins, deux traitements ont été réalisés. Des analyses en double-aveugle ont été effectuées sur les deux traitements et ont montré une relativement bonne corrélation des catégories définies. Un premier traitement a été réalisé, et en moyenne, 70% des dessins sont catégorisés de la même manière par plusieurs chercheurs. Un deuxième traitement a ensuite été réalisé, l'analyse en double aveugle pour ce dernier a montré que 78% des dessins sont codés exactement de la même manière. Pour ce deuxième traitement, sur les 22% codés de manière différente, en moyenne seulement 1,32 modalité sur les 22 présentes diffère. Ces chiffres montrent la moindre subjectivité du deuxième traitement.

Enfin, le questionnaire a été soumis dans deux langues différentes : le français (pour la Guadeloupe et la Martinique), et l'anglais (pour la Dominique). Les questions ont été traduites du français vers l'anglais. Cela peut parfois introduire un biais et altérer légèrement le sens des questions, pouvant solliciter des conceptions différentes. De plus, les catégories pour le traitement des données ont

aussi été traduites, ce qui peut parfois générer un biais dans l'interprétation des réponses. Par exemple, le terme « power » en anglais peut signifier « puissance » ou « énergie ». Il a parfois été difficile de déceler ce que l'élève voulait réellement dire car il n'y a pas eu d'entretien complémentaire, pour discuter avec les élèves des réponses au questionnaire.

2.3. Présentation du questionnaire

Le questionnaire, disponible en français et en anglais dans les annexes 3 et 4 p. 327 et 331, contient tout d'abord une brève introduction expliquant les motivations de l'enquête et présentant le laboratoire. Il y est également précisé que le questionnaire ne constitue en aucun cas une évaluation, qu'il est anonyme et que des réponses spontanées et individuelles sont attendues.

2.3.1. Conception du questionnaire

Afin de cerner les conceptions qu'ont les élèves de seconde de la géothermie, trois niveaux de questions ont été formulées. Les questions portant sur les connaissances des élèves, au nombre de cinq, sont constituées de trois questions ouvertes (dont deux nécessitant une petite rédaction), d'un dessin et d'une question fermée. Celles portant sur l'opinion, au nombre de six, comportent : une question composée de 17 affirmations pour lesquelles il est demandé à l'élève de donner son avis sur une échelle de Likert allant de « tout à fait d'accord » à « pas du tout d'accord » ; une autre question fermée à choix multiples portant sur le positionnement de l'élève vis-à-vis du développement de la géothermie ; une question ouverte demandant une explication à la question précédente ; et trois autres questions fermées visant à connaître le positionnement de l'élève face à l'éducation à la géothermie. Enfin, les questions portant sur le rapport qu'a eu l'élève avec la géothermie et du rôle de l'école dans ce rapport sont au nombre de cinq. Elles sont composées de trois questions fermées et deux questions ouvertes. Quatre de ces questions concernent l'expérience scolaire de l'élève vis-à-vis de la géothermie, c'est-à-dire la place qu'occupe l'école dans l'éducation à la géothermie.

L'enquête sociale réalisée en 2014 (BVA Group, 2014) sur les populations d'adultes dans les trois mêmes îles décrite dans la partie théorique constitue un point d'appui pour notre enquête. Parmi toutes les questions présentées, quatre ont été reprises de manière quasiment identique, dans l'intérêt de pouvoir comparer les deux populations. Il s'agit des questions Q1, Q5, Q3 et Q10. Le tableau ci-dessous (tableau 7) répertorie les questions.

Tableau 7 : Présentation synoptique du questionnaire

N°	Type de question		Questions
Q1	Ouverte	Connaissance	Qu'est-ce que la géothermie selon toi ? (donne ta définition)
Q2	Ouverte		À quoi sert la géothermie, pourquoi l'utilise-t-on ?
Q3 : A à Q	Plusieurs questions d'échelles de style Likert	Opinion	Donne ton avis sur les phrases suivantes : la géothermie... Est une technique bien maîtrisée Nécessite d'être développée Est une énergie propre Est une énergie disponible en permanence Est un atout économique à l'exportation Contribue à l'indépendance énergétique Contribue au développement durable Contribue à la protection de l'environnement Génère de l'emploi Génère des activités de type écotourisme Fait baisser la facture d'électricité Nuit à l'environnement Nuit à la biodiversité Nuit à la santé humaine Présente un risque pour le sous-sol Nuit à l'activité touristique Est rentable
Q4	Dessin	Connaissance	Dessine une exploitation géothermique.
Q5	Ouverte		Connais-tu des installations de production à partir de géothermie ? Si oui lesquelles ?
Q6	Fermée		As-tu déjà entendu parler de la géothermie ?
Q7	Fermée	Rapport à la géothermie et rôle de l'école	Où est-ce que tu en as entendu parler le plus souvent ?
Q8a	Fermée		As-tu déjà entendu parler de la géothermie en classe ?
Q8b	Fermée		Si oui, dans quel cadre ?
Q8c	Ouverte		En quelle classe étais-tu ?
Q8d	Ouverte		Qu'avais-tu appris à cette occasion ?
Q9a	Echelle Likert	Opinion	Es-tu plutôt favorable ou défavorable au développement de la géothermie ?
Q9b	Ouverte		Pour quelle(s) raison(s) ?
Q10	Fermée		Est-ce que tu penses être assez informé sur le sujet ?
Q11a	Fermée		Est-ce que tu aimerais en parler plus souvent ?
Q11b	Fermée		Avec qui ?

Nous allons maintenant présenter les modalités de traitement et formuler les hypothèses relatives à certaines questions.

2.3.2. Méthodologie de traitement du questionnaire

Pour chaque question ouverte, des modalités de traitement ont été établies après la retranscription des questionnaires et les réponses ont été codées par rapport à ces modalités. Les différentes modalités sont présentées dans des tableaux suivis d'exemples de réponses pour chaque modalité. Dans les exemples reportés, les fautes d'orthographe et de grammaire ont été corrigées lorsque cela était possible. Pour les questions fermées, le traitement a été réalisé en fonction des modalités de réponses qui étaient proposées (question à choix multiples ou échelle de Likert). Pour les questions

ouvertes, le traitement est détaillé et les modalités sont présentées et illustrées par des exemples de réponses sous forme de tableaux. Les hypothèses formulées sur certaines questions sont des sous-hypothèses de l'hypothèse générale de ce chapitre. Elles ont pour objectif de permettre de discuter de cette dernière.

Question 1 - Qu'est-ce que la géothermie selon toi ? (donne ta définition)

Cette question ouverte vise à qualifier les connaissances de l'élève sur la géothermie, est-ce qu'il sait ce que c'est ? Comment va-t-il expliquer son idée ? Quelles notions va-t-il aborder préférentiellement ? À quoi va-t-il faire référence de manière instinctive ?

Hypothèse Q1 : nous pensons que les connaissances exprimées vis-à-vis de la géothermie seront plus proches des réponses attendues dans les endroits où elle est exploitée, donc en Guadeloupe.

Les réponses à cette question ont été réparties en huit modalités (tableau 8). Afin de pouvoir établir une comparaison, et aussi parce qu'elles reflètent très bien les différents types de réponses apportées par les élèves, les modalités utilisées sont les mêmes que celles utilisées pour l'enquête antérieure (BVA Group, 2014). Pour chacune de ces modalités, des tableaux avec des exemples de réponses illustrent le traitement (tableaux 9 à 15).

Tableau 8 : Présentation des huit modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 1.

Modalité 1	Réponses faisant référence à une énergie sans préciser l'origine ou même la finalité.
Modalité 2	Réponses faisant référence à l'énergie ou à la chaleur interne du globe, de la Terre.
Modalité 3	Réponses faisant référence à une énergie électrique uniquement.
Modalité 4	Réponses faisant référence soit à une énergie renouvelable soit à l'environnement, l'écologie ou la nature.
Modalité 5	Réponses faisant référence à l'énergie fossile ou nucléaire.
Modalité 6	Réponses affirmant que la géothermie est l'étude de la Terre, confusion avec Géologie.
Modalité 7	Réponses autres, ne rentrant dans aucune des catégories citées.
Modalité 8	Pas de réponse.

Tableau 9 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 1.

Modalité 1 : réponses faisant référence à une énergie sans préciser l'origine ou la finalité	Sujet n°
« La géothermie c'est une énergie thermique »	6
« Selon moi la géothermie est une énergie grâce à la température, qui est peu utilisée »	107
« La géothermie est une énergie »	139
« Je pense que ça a un rapport avec les différentes énergies »	278
« C'est un moyen de produire de l'énergie »	302
« Selon moi la géothermie c'est une énergie travaillée en particulier dans les centrales comme la centrale géothermique de Bouillante »	532
« Pour moi, la géothermie est la science, l'étude des températures (chaud, froid, tiède) mais également une façon d'alimenter de l'énergie grâce à une température »	691
« La géothermie pour moi c'est une usine qui produit une énergie thermique. Moi c'est ce que je pense lorsque j'entends ce mot »	758
« Geothermal is energy from the sun to give other things energy »	1026
« Geothermal is a way of generating energy »	1104
« It's alternative use of energy »	1155
« Geothermal is energy around the world »	1309

Dans tous les exemples illustrés par le tableau, les élèves font effectivement uniquement référence à une énergie, pouvant être de différente nature, mais ne précisent pas qu'il s'agit de l'énergie de la Terre. Nous avons choisi de catégoriser la réponse du sujet n°1026 ici car la réponse fait référence à l'énergie solaire mais pas dans un cadre de production ou d'énergie renouvelable, voilà pourquoi elle n'a pas été classée dans la quatrième modalité.

Tableau 10 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 2

Modalité 2 : réponses faisant référence à l'énergie ou à la chaleur interne du globe, de la Terre	Sujet n°
« La géothermie est une technique qui consiste à capter la chaleur présente naturellement dans la terre, l'amplifier et la redistribuer dans la maison »	2
« Selon moi la géothermie est l'utilisation de la chaleur du sol »	116
« La géothermie est comme une source d'énergie qu'on trouve dans la nature (sous-sol) »	407
« La chaleur qui provient sous la surface de la Terre »	724
« C'est la température terrestre »	972
« La géothermie est une source de chaleur qui est située en dessous de la terre et avec laquelle on produit de l'énergie thermique »	928
« Geothermal is heat from the earth »	1044
« The energy from the ground »	1070
« Geothermal energy is energy generated from and stored in the earth »	1232
« Geothermal energy is energy from underground. This energy is found by digging in the ground. This energy is from hot rocks from the Earth's surface »	1235

Les exemples présentés dans le tableau font référence à une énergie provenant du sol, du sous-sol, ou de la Terre, ou bien à la chaleur provenant de ces mêmes endroits. Lorsque les élèves utilisent le mot « température » nous l'associons au mot « chaleur ». Les réponses faisant référence à la température de la Terre ou du sol sont également catégorisées ici.

Tableau 11 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 3

Modalité 3 : réponses faisant référence à une énergie électrique uniquement	Sujet n°
« La géothermie est une usine, où l'on produit (de l'eau, de l'électricité) quelque chose d'utile pour une population »	495
« La géothermie est une énergie qui permet de produire de l'énergie électrique »	559
« c'est une machine qui donne de l'électricité à une ville et qui produit de l'eau chaude »	599
« Geothermal is a source of energy that you can get light from and it is a substance that can connect to anything to get light »	1054
« lava, hot air, volcanoes used to make light for people »	1283
« geothermal energy is energy produced by a generator to give electricity »	1342

Cette modalité de traitement contient les références à l'électricité uniquement (par opposition aux réponses faisant référence au chauffage, à la climatisation et à l'électricité). Elle contient également les références à la lumière (« light ») qui sont souvent retrouvées en Dominique. Pour la réponse du sujet 495, bien que la référence à l'électricité ne soit pas mise en avant et se trouve entre parenthèses, cette modalité a été attribuée car c'est celle qui convient le mieux. Elle a donc été placée ici.

Tableau 12 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 4

Modalité 4 : réponses faisant référence soit à une énergie renouvelable soit à l'environnement, l'écologie ou la nature.	Sujet n°
« C'est de l'énergie renouvelable »	5
« La géothermie est une énergie naturelle qui contribue à la protection de l'environnement »	151
« Pour moi la géothermie c'est une science qui étudie tout ce qui est en rapport avec l'énergie solaire, l'énergie propre »	272
« Selon moi la géothermie est tout ce qui concerne les ressources de la nature »	312
« C'est une énergie renouvelable »	423
« Le mot géothermie est composé de "géo" et de "thermie" qui me font penser à géographie et thermique. Je suppose que la géothermie a un rapport avec le climat avec le climat, l'effet de serre... mais ça me fait également penser aux panneaux photovoltaïques »	452
« La géothermie est une façon de créer de l'énergie propre »	568
« c'est une énergie renouvelable qui n'utilise pas de matière nuisible à l'environnement »	614
« La géothermie est le genre de travail pour créer des énergies bio on va dire c'est un métier pour la protection de la planète »	896

Tableau 13 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 5

Modalité 5 : réponses faisant référence à l'énergie fossile ou nucléaire.	Sujet n°
« La géothermie est une énergie fossile »	7
« Selon moi la géothermie est un procédé utilisant une énergie fossile pour créer de l'énergie »	43
« C'est le fait de brûler des arbres pour faire de l'énergie électrique » (associé à la modalité 3 également)	350
« La géothermie est le fait de récupérer l'énergie fossile »	671
« C'est un système géothermique renouvelable qui contient de l'uranium et du pétrole » (à la fois 4 et 5)	811

Comme illustré dans ce tableau, certaines réponses possèdent plusieurs modalités. Par exemple, la réponse du sujet n°811 fait à la fois référence à une énergie renouvelable, et également au nucléaire et au pétrole. Tout comme la réponse du sujet n° 350 faisant à la fois référence à l'électricité et à une combustion (ce qui est associé à une énergie non renouvelable).

Tableau 14 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 6

Modalité 6 : réponses affirmant que la géothermie est l'étude de la Terre, confusion avec Géologie	Sujet n°
«Selon moi, la géothermie est l'étude de la terre (des minéraux, etc...) »	28
«La géothermie selon moi c'est l'étude dans le sous-sol »	35
«L'étude de la terre »	400
«La géothermie est la science de la terre. On étudie ce qui est sous terre ou sous l'eau »	632
«La géothermie selon moi est un sujet concernant tout ce qui a un lien avec l'étude de la terre »	929

Tableau 15 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 7

Modalité 7 : réponses autres, ne rentrant dans aucunes des catégories citées.	Sujet n°
«Selon moi, la géothermie est une énergie située dans l'espace »	8
«Je pense que c'est un mélange de géographie et des sciences »	24
«Selon moi la géothermie est une technique ou on utilise de la glace »	33
«La géothermie me fait penser à l'importation et l'exportation de produits »	173
«C'est une étude avec la géométrie pour moi »	393
« La géothermie sert peut-être à évaluer tout ce qui concerne les rayons »	636
« geothermal is the act of using up an adequate amount of energy around the world to light up the environment so it would be beneficial to everyone and the entire world at large»	985
«This is to deal with the air»	1282

Comme expliqué plus haut, pour certaines réponses, il a été attribué deux modalités ou plus, lorsque la réponse exprimée correspond à plusieurs modalités. Le tableau 16 illustre un exemple.

Tableau 16 : Exemples de réponses à la question 1, pour lesquelles plusieurs modalités ont été attribuées.

Exemple	Sujet	Modalité
« La géothermie est une énergie verte qui exploite la chaleur emmagasinée par le sol pour en faire de l'énergie électrique »	488	2, 3, et 4
« c'est une énergie renouvelable. Elle consiste à prélever l'eau bouillante des nappes phréatiques et en prélever la vapeur pour faire fonctionner les machines »	611	2 et 4
« La géothermie c'est la transformation de l'énergie thermique du sol en énergie électrique »	721	2 et 3

Pour cette même question, un autre traitement a été réalisé. Les références à des notions très particulières ont été relevées. Pour cela, certains mots ont été codés dans les réponses données par les élèves des différentes îles (tableau 17). Ces mots constituent selon nous des éléments pouvant relever de la contextualité des conceptions des élèves. Des analyses statistiques sur ces notions précises permettront d'étudier la contextualité des conceptions.

Tableau 17 : Descriptif du deuxième traitement ayant été réalisé pour la question 1 (présence de certains mots)

Volcan	La référence à un volcan (utilisation du mot volcan, magma, lave) nous permet de savoir si les élèves associent la géothermie au volcanisme, et donc de connaître la contextualité de la conception exprimée. En effet, en Guadeloupe et en Dominique, les installations géothermiques ou projets d'installations se trouvent proches du volcan. HQ1.1 : les élèves de ces deux îles feront plus référence à cette notion que ceux de Martinique.
Lumière	La référence à la lumière : il a été remarqué qu'en Dominique, une partie des élèves affirment que la géothermie sert à produire de la lumière. La lumière semble être associée à l'électricité. Nous voulons savoir si la proportion est significative ou non par rapport aux autres îles. HQ1.2 : les élèves de Dominique feront plus référence à cette notion que ceux des autres îles

Soleil	La référence au soleil a été prise en compte car il a été noté que certains élèves identifient la cause de la chaleur du sol comme provenant du soleil, et nous avons souhaité comptabiliser cette conception en l’opposant à celles faisant référence au volcanisme. HQ1.3 : les élèves de Martinique, où il n’y a pas de volcan actif, feront plus référence à cette notion que ceux de Guadeloupe et de Dominique.
Eolienne	Certains élèves confondent la géothermie avec l’énergie éolienne. Nous pensons que cette confusion est plus présente en Martinique, où les élèves sont probablement moins familiers avec la géothermie. HQ1.4 : les élèves de Martinique feront plus référence à cette notion que ceux des autres îles.
Eau	La référence à l’eau : il a été noté qu’une partie des élèves de la Dominique font référence à l’hydroélectricité. Aucune installation de géothermie n’existe en Dominique, à part un forage de production qui ne produit pas. Les politiques parlent constamment des projets géothermiques en Dominique et des financements attribués pour cela, dans la région de Laudat. Dans cette région, de nombreuses installations d’hydroélectricité existent. Il semble intéressant de quantifier et d’étudier la significativité de la part des élèves faisant la confusion. HQ1.5 : les élèves de Dominique feront plus référence à cette notion que ceux des autres îles.
Chaleur	Enfin la notion de chaleur, souvent abordée est une notion très fortement en lien avec la géothermie. Nous avons souhaité comptabiliser cette référence. HQ1.6 : les élèves des îles où les résurgences de chaleur sous forme d’eau chaude sont présentes et bien connues (Guadeloupe et Dominique) seront plus nombreux à y faire référence.

Question 2 - À quoi sert la géothermie, pourquoi l’utilise-t-on ?

Cette question amène le sujet à développer la question précédente.

Hypothèse Q2.1 : les élèves des îles produisant de la géothermie sont plus à même de répondre à cette question. Ils savent que la géothermie produit de l’électricité ou de l’énergie, alors que les élèves de Martinique sont plus sensibles au sens « étude de la chaleur » et moins au sens « source d’énergie », et que ceux de Dominique seront plus sensibles au sens « loisir, bien-être et médecine ».

Hypothèse Q2.2 : les élèves répondent en priorité « énergie » ou « électricité ». Peu d’individus font référence à la chaleur ou à la climatisation (régulation de température dans les bâtiments).

De la même manière que pour la question précédente, les réponses ont été catégorisées en neuf modalités répertoriées dans le tableau ci-dessous (tableau 18). Ces modalités ont été établies après une lecture complète de toutes des réponses fournies (lors de la retranscription notamment). Nous nous sommes ensuite inspirés de la méthodologie de la théorisation ancrée (Paillé, 1994). La catégorisation a été réalisée au fur et à mesure du traitement des questionnaires, en fonction des grandes idées ressortantes, elle s’est stabilisée progressivement, lorsque plus rien de nouveau n’apparaissait dans le traitement. Au départ, 11 modalités ont été repérées, puis une mise en relation a été faite entre les catégories et certaines ont été regroupées pour atteindre le chiffre de neuf. Les tableaux 19 à 26 illustrent pour chaque modalité de réponses, des exemples concrets de réponses.

Tableau 18 : Présentation des neuf modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 2

Modalité 1	Réponses faisant référence à la production d'électricité.
Modalité 2	Réponses faisant référence à la production d'énergie.
Modalité 3	Produire de chauffage, de la climatisation ou de la chaleur.
Modalité 4	Protéger l'environnement, la planète, ou lien avec développement durable.
Modalité 5	Mesurer la température, la chaleur.
Modalité 6	Produire de la lumière.
Modalité 7	Faire des économies.
Modalité 8	Autres réponses.
Modalité 9	Pas de réponse.

Tableau 19 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 1

Modalité 1 : réponse faisant référence à la production d'électricité	Sujet n°
« La géothermie est utilisée pour fabriquer de l'électricité »	19
« On utilise la géothermie pour générer de l'électricité »	102
« elle est utilisée afin de produire du courant »	249
« la géothermie pourrait servir à produire de l'électricité avec son énergie thermique »	644
« La géothermie sert à la production d'électricité. On l'utilise pour mettre le courant dans des maisons, des villes »	844
« to convert to electricity »	1258

Ici, nous avons associé la notion de courant à celle d'électricité.

Tableau 20 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 2

Modalité 2 : réponse faisant référence à la production d'énergie	Sujet n°
« Elle sert à créer de l'énergie »	63
« La géothermie est une source d'énergie »	216
« geothermal energy is used to put energy in homes churches hospitals etc... »	1295

Tableau 21 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 3

Modalité 3 : références à une production de chauffage, de climatisation ou de chaleur	Sujet n°
« La géothermie sert à réchauffer ou refroidir quelque chose »	257
« On l'utilise pour chauffer une maison ... au lieu d'utiliser un chauffage »	321
« La géothermie sert à générer de la température »	500
« à mon avis on l'utilise pour faire de la chaleur comme pour l'eau chaude, ou bien d'autres choses »	523
« Geothermal energy is used to produce heat »	1144
« It is used for heating systems »	1214

Les réponses catégorisées dans cette modalité sont celles faisant référence au chauffage, à la climatisation, mais également à la température, à la chaleur et à l'eau chaude.

Tableau 22 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 4

Modalité 4 : références à la protection de l'environnement ou de la planète, lien avec le développement durable ou l'environnement.	Sujet n°
« elle sert à protéger l'environnement, dans le cadre du développement durable »	8
« Pour moi ça sert à moins gaspiller l'énergie »	212

Tableau 23 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 5

Modalité 5 : la géothermie pour mesurer la température, la chaleur	Sujet n°
« pour voir l'évolution de la température de la terre »	229
« pour repérer la chaleur dans le sol »	238
« On utilise la géothermie pour connaître et identifier la température de différents endroits »	460

Tableau 24 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 6

Modalité 6 : références à une production de la lumière	Sujet n°
« Geothermal is used to give light »	1092
« It is used for light to make light for the environments »	1268
« to produce light and to make things work »	1329

Tableau 25 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 7

Modalité 7 : la géothermie pour faire des économies	Sujet n°
« Elle sert à consommer l'énergie solaire pour diminuer la facture d'électricité »	32
« à économiser »	581
« on utilise la géothermie afin de faire des économies »	898
« Pour baisser la facture d'électricité »	956
« To reduce the use of electricity »	1036
« It's used for exportation, and to reduce household electricity bills »	1065

Tableau 26 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 8

Modalité 8 : autre réponses	Sujet n°
« La géothermie sert à conserver des choses organiques dans la glace »	33
« On l'utilise pour prévenir de risques naturels »	97
« Je pense qu'elle sert à prévenir des séismes et à calculer leur puissance »	154
« On l'utilise pour observer les plaques tectoniques ou les volcans »	304

Question 3 - Donne ton avis sur les phrases suivantes : « La géothermie ...

La question 3 est une question fermée, dont les modalités de réponses suivent une échelle de Likert. Les possibilités de réponses à cette question sont : « Tout à fait d'accord » ; « D'accord » ; « Pas trop d'accord » ; « Pas du tout d'accord » ou « Je ne sais pas » (tableau 27). Tout comme pour la question 1, cette question a été reprise du questionnaire de BVA mesures afin d'établir une comparaison. Nous pensons que les réponses seront sensiblement les mêmes mais qu'il y aura tout le même une plus grande acceptabilité et une meilleure vision de la géothermie de la part des élèves (pour cette enquête).

Tableau 27: Présentation de la question 3

A	<i>Est une technique bien maîtrisée</i>
B	<i>Nécessite d'être développée</i>
C	<i>Est une énergie propre</i>
D	<i>Est une énergie disponible en permanence</i>
E	<i>Est un atout à économique à l'exportation</i>
F	<i>Contribue à l'indépendance énergétique</i>
G	<i>Contribue au développement durable</i>
H	<i>Contribue à la protection de l'environnement</i>
I	<i>Génère de l'emploi</i>
J	<i>Génère des activités type écotourisme</i>
K	<i>Fait baisser la facture d'électricité</i>
L	<i>Nuit à l'environnement</i>
M	<i>Nuit à la biodiversité</i>
N	<i>Nuit à la santé humaine</i>
O	<i>Présente un risque pour le sous-sol</i>
P	<i>Nuit à l'activité touristique</i>
Q	<i>Est rentable</i>

Question 4 - Dessine une exploitation géothermique.

Le but de cette question est d'identifier la manière dont l'élève se représente une exploitation géothermique et de décrire la place du contexte dans cette représentation. Les dessins permettent aux élèves de s'exprimer sans se livrer totalement. Les élèves, via les dessins, peuvent « *montrer tout en choisissant de cacher, de symboliser, de détourner ou de mettre en lumière, avec une acuité à la fois plus évidente et plus incertaine que le discours* » (Castellotti et Moore, 2009). Par ailleurs, certaines personnes ont plus de facilités à dessiner pour expliquer qu'à utiliser des mots et à écrire, d'autant plus lorsqu'il s'agit d'enfants. Pour ces raisons, il semblait important pour l'étude d'avoir une question de ce type. Le traitement des dessins s'est fait en deux phases. Tout d'abord, pour le premier traitement, une classification s'inspirant du principe de la classification ascendante hiérarchique a été réalisée. Les dessins ont d'abord été classés en deux catégories : les dessins plutôt industriels, et les dessins faisant plutôt référence à un phénomène. Puis, des sous-catégories plus fines ont été établies. Les exemples détaillés des différentes catégories sont accessibles en annexe 5, p. 335 à 353. Une fois la classification achevée, une analyse en double aveugle a été réalisée afin de vérifier l'efficacité et l'objectivité du traitement. Il a été demandé à des personnes extérieures à l'étude de classer de petits échantillons de dessins selon les catégories définies. L'analyse initiale et les analyses complémentaires ont ensuite été comparées afin de déterminer la fiabilité du traitement. Comme expliqué dans les limites de l'enquête plus haut, le pourcentage calculé suite à l'analyse en double aveugle est d'environ 70% de dessins catégorisés de la même manière par plusieurs personnes. Pour ce traitement, chaque dessin ne peut être classé que dans une seule catégorie. Il a donc parfois fallu faire des choix lorsque le dessin pouvait rentrer dans plusieurs catégories, et ce sont généralement ces dessins qui sont à l'origine du pourcentage d'erreur calculé après l'analyse en double aveugle.

Modalité 1 : Dessins représentant exploitation industrielle : présence d'une usine explicite (par la forme du toit, parce qu'elle dégage de la fumée ou simplement parce qu'elle est légendé « usine », « centrale », « centre » ou « exploitation »), présence de la notion d'échange avec le sol (puiser quelque chose dans le sol ou forer le sol pour l'exploiter ou exploiter ses ressources).

Modalité 2 : Dessins représentant une usine (légendée, forme, ou fumée relâchée) mais sans transfert explicite avec le sol. Référence à la centrale de Bouillante, ou à la centrale électrique Trafalgar en Dominique (rivière, cascade), conscience de la production d'énergie ou d'électricité, mais pas de la source (dans la terre), notion de distribution de l'énergie aux habitations, aux maisons, aux pilonnes électriques ou aux lampadaires.

Modalité 3 : Présence d'une usine, d'un système de tuyaux ou d'une installation construite par l'homme, et associés à un volcan, à la lave ou au magma.

Modalité 4 : Dessins d'une exploitation particulière : présence d'une maison, ou d'un appareil (production à petite échelle ou utilisation particulière) ou représentation d'un bâtiment associé à des tuyaux en sous-sol, à une ampoule allumée, ou à un appareil chauffant (radiateur par exemple), ou bien présence d'un chauffe-eau individuel (solaire, sur le toit ou alimenté par quelque chose venant du sol).

Modalité 5 : Phénomène de chaleur de la terre ou du sol (venant du soleil ou du noyau), avec notion de mesure, d'observation ou d'étude de cette chaleur, dessins de thermomètre. Étude, observation ou mesure de la terre, du sol ou d'un volcan sans la notion de chaleur, ou dessin de la Terre, mais pas de référence à une exploitation ou à une utilisation de la ressource.

Modalité 6 : Dessins de panneaux solaires ou d'éoliennes et représentation des notions d'écologie, de protection de la planète, d'environnement ou de nature.

Modalité 7 : Représentation d'une ressource polluante : charbon, pétrole, gaz ou nucléaire et mise en évidence de quelque chose de nuisible et détruisant l'environnement.

Modalité 8 : Pas de sols ni d'usine représentés, dessins plus abstraits avec une notion de transformation ou de circuit de tuyaux, représentations schématiques sous forme de système ou contenant des flèches.

Modalité 9 : dessins jugés non interprétables, incompréhensibles ou hors sujet.

Dans une seconde phase, et en raison de l'exclusivité parfois frustrante de la catégorisation du premier traitement, un autre traitement a été réalisé. Pour ce second traitement, une liste de 22 éléments a été établie, et le codage a été effectué en fonction de la présence ou non de l'élément dans le dessin. Les éléments identifiés font référence à des concepts en lien plus ou moins direct avec la géothermie. Il s'agit de concepts parfois déjà bien identifiés grâce aux questions et traitements précédents (chaleur, électricité, volcanisme, éolienne par exemple) ou alors de concepts qui, selon nous, participent à une compréhension complète de la géothermie et de son processus de production industrielle (transformation, échange, utilisation ou encore distribution par exemple). Les 22 éléments identifiés sont décrits dans le tableau 28.

Tableau 28 : Présentation des éléments relevés dans les dessins pour le deuxième traitement de la question 4

Chaleur	Représentation du phénomène de chaleur de manière explicite, ou légendée. Cela peut être représenté sous forme d'un thermomètre, de la couleur rouge, ou encore de vagues légendées.
Sol	Représentation du sol ou du sous-sol ou des différentes couches terrestres.
Échange	Notion de transfert de chaleur ou de fluide entre deux milieux différents, soit par le biais d'un forage, soit avec des flèches.
Transformation	Représentation d'une turbine ou schématisation d'un système de transformation de chaleur en électricité.
Usine	Présence explicite d'une usine, bâtiment industriel ou centrale géothermique.
Utilisation	Représentation de l'utilisation de la géothermie (lumière, appareil électrique, chauffage, eau chaude ou douche).
Électricité	Schématisme ou légende d'électricité, présence d'une ampoule allumée, d'un pylône, ou d'un réseau de poteaux électriques.
Distribution	Notion de redistribution du produit vers des maisons, une ville ou encore un autre pays.
Individuel	Référence à la géothermie individuelle pour la production de chaleur ou de climatisation, dessins de maison avec douche ou chauffage.
Tuyaux	Présence d'un réseau de tuyaux ou d'un conduit.
Forage	Représentation de l'action de forer dans le sol.
Eau souterraine	Présence d'eau ou de fluide souterrain, ou d'une nappe phréatique.
Volcanisme	Dessins de volcan, de lave ou de magma, ou de roche volcanique.
Homme	Présence d'un ou de plusieurs humains sur le dessin.
Nuisance	Présence de fumée ou représentation explicite de quelque chose de nuisible ou de polluant.
Terre	Dessins représentant la planète Terre.
Eolien	Dessin d'éoliennes.
Renouvelable	Représentation d'une ou plusieurs énergies renouvelables.
Hydroélectricité	Représentation de l'utilisation d'une rivière, d'une cascade ou d'un courant d'eau pour une production d'électricité.
Solaire	Représentations de panneaux solaires ou photovoltaïques
Soleil	Présence d'un soleil et d'une action explicite de ce soleil sur quelque chose (sur la Terre, le sol, des panneaux solaires, ou des objets divers)
Bizarres	Dessins pour lesquels l'interprétation n'est pas certaine, voire pas possible.

Pour plus de facilité au niveau du codage, une macro a été créée sur un tableur, dans laquelle il est possible de cocher l'élément en fonction de sa présence ou non dans le dessin, tout en indiquant l'identification du dessin (figure 29). Il est également possible d'y ajouter un commentaire sur le dessin. Le codage ainsi effectué est illustré dans un tableur (figure 30).

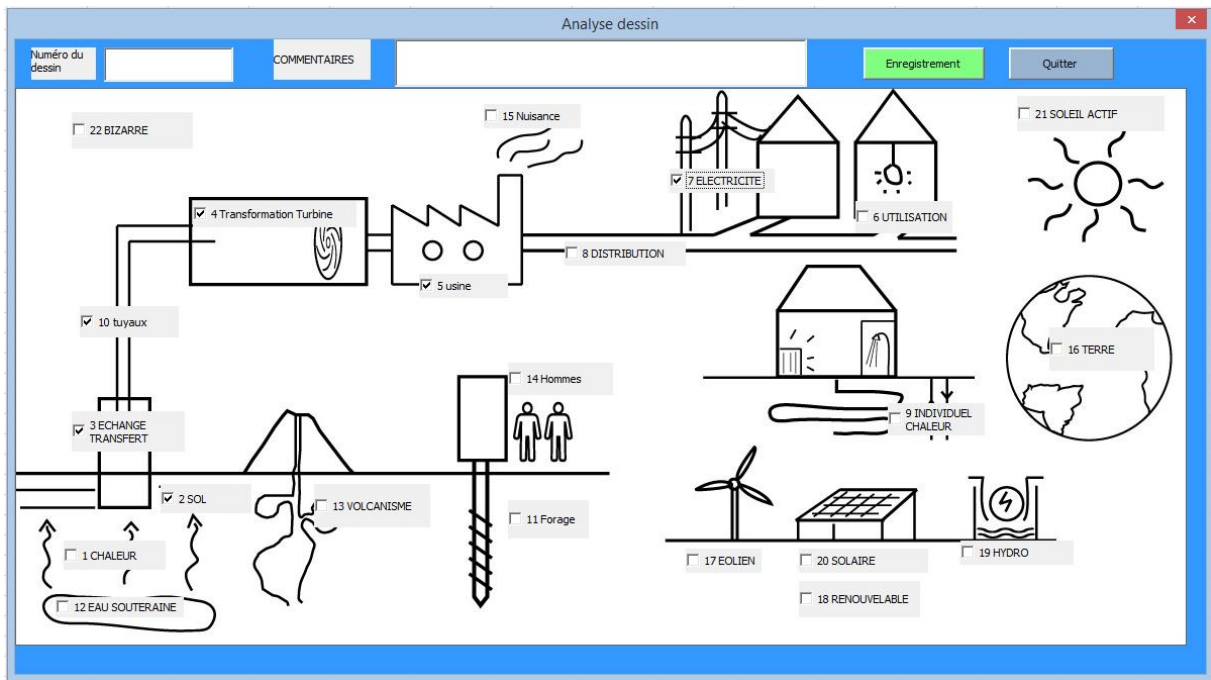


Figure 29 : Illustration de la macro créée pour le codage des dessins pour le deuxième traitement de la question 4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
1	ID	1. Chaleur	2. Sol	3. Echange	4. Transformation turbine	5. Usine	6. Utilisation	7. Electricité	8. Distribution	9. Individuel Chaleur	10. Tuyaux	11. Forage	12. Eau souterraine	13. Volcanisme	14. Hommes	15. Nuisance	16. Terre	17. Eolien	18. Renouvelable	19. Hydro	20. Solaire	21. Soleil actif	22. Bizarre	Catégorie	Commentaire		
2	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-A	J'ai mis électricité ce
3	2	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-A	La chaleur n'est pas
4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-A	
5	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1-A	
6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-A	
7	6	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-A	
8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-A	
9	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-A	
10	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1-A	Je n'ai pas mis volca
11	10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-A	
12	11	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-A	Pas d'échange. L'élev
13	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1-A	Pas de liens de caus	
14	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1-A	
15	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1-A	
16	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1-A	
17	16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1-A	Ici j'ai mis soleil car

Figure 30 : Détail du codage obtenu après utilisation de la macro pour le deuxième traitement de la question 4

Question 5 - Connais-tu des installations de production à partir de géothermie ? Si oui lesquelles ?

Cette question vise à savoir si la proximité du lycée avec la zone d'exploitation est un facteur permettant la connaissance de cette exploitation. Nous pensons qu'en Guadeloupe, les élèves des lycées proches de Bouillante (Pointe-Noire et Basse-Terre) sont plus nombreux à avoir connaissance de la centrale de Bouillante et qu'entre les trois îles, le nombre de réponses attendues croît selon les îles dans l'ordre suivant : Martinique, Dominique, Guadeloupe.

Hypothèse Q5.1 : les élèves citent principalement des lieux sur le territoire où ils vivent.

Hypothèse Q5.2 : en Guadeloupe, les élèves vivant sur l'île de Basse-Terre citent plus la centrale de Bouillante que les élèves vivant en Grande-Terre.

Les réponses à cette question ont été classées initialement en 11 modalités, essentiellement liées au lieu cité (Guadeloupe, Bouillante, Martinique, autres pays) puis le traitement a été affiné, et huit modalités dont le descriptif est présenté dans le tableau ci-dessous (tableau 29) sont ressorties. Les exemples pour chaque modalité sont présentés dans les tableaux 30 à 36.

Tableau 29 : Présentation des huit modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 5

Modalité 1	Les réponses contenant le mot Bouillante, ou faisant explicitement référence à l'installation de géothermie de Bouillante.
Modalité 2	Réponses faisant référence à une centrale ou une installation en Guadeloupe, ou dans un endroit de Guadeloupe autre que Bouillante.
Modalité 3	Réponses faisant référence à une installation liée à la géothermie dans la zone de la vallée de Roseau (Trafalgar, Laudat...).
Modalité 4	Réponse contenant le mot Dominique, sans préciser d'endroit précis en Dominique.
Modalité 5	Réponses contenant le mot Martinique ou un endroit précis de Martinique.
Modalité 6	Autre localisation : Réponse contenant un autre pays, une région autre que la Guadeloupe, Martinique ou la Dominique.
Modalité 7	Autre réponse.
Modalité 8	Non, pas de réponse ou ne sais pas.

Tableau 30 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 1

Modalité 1 : Bouillante : les réponses contenant le mot Bouillante, les élèves affirmant qu'il existe une installation de géothermie à Bouillante.	Sujet n°
« L'usine géothermique de Bouillante (ma commune) »	524
« Oui je connais la géothermie de Bouillante »	567
« Par exemple la station géothermique de Bouillante »	702
« Oui je connais un endroit. Cet endroit se trouve à Bouillante »	913

Tableau 31 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 2

Modalité 2 : Guadeloupe : réponses des élèves affirmant qu'il y a une centrale ou une installation en Guadeloupe ou faisant référence à un endroit en Guadeloupe autre que Bouillante.	Sujet n°
« L'usine géothermique située en Guadeloupe »	418
« Je sais qu'il y en a une en Guadeloupe »	772
« Sur l'île de Basse-Terre ; il y a une station de géothermie dont j'ai oublié le nom »	784

Tableau 32 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 3

Modalité 3 : Vallée de Roseau : réponses des élèves affirmant qu'il y a de la géothermie ou une installation liée à la géothermie dans la zone de la vallée de Roseau : Trafalgar / Laudat	Sujet n°
« Geothermal energy is located in Trafalgar Dominica »	1158
« In Laudat, digging in the ground to extract energy »	1181
« Yes Dominica has a geothermal plant in Laudat »	1222
« At Waten Wover in Dominica »	1277
« Dominica and Morne Prosper »	1313

Tableau 33 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 4

Modalité 4 : réponse contenant le mot Dominique, sans préciser d'endroit précis en Dominique.	Sujet n°
« I have really only heard of a geothermal infrastructure in Dominica »	1203
« Yes Dominica has a geothermal power plant »	1237
« I never heard. Yes I know a country Dominica »	1269
« Dominica started not sure if their sill doing it »	1343

Tableau 34 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 5

Modalité 5 : réponses contenant le mot Martinique où un endroit en Martinique.	Sujet n°
« Oui à Génipa »	452
« L'usine de Bellefontaine »	467
« Les usines géothermiques, il me semble qu'il y en a 1 en Martinique mais je ne sais pas où elle se situe exactement »	94
« I've heard that Martinique has geothermal energy »	1210

Tableau 35 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 6

Modalité 6 : autre localisation : réponse contenant un autre pays, une autre localisation que la Guadeloupe, Martinique ou la Dominique.	Sujet n°
« Les installations de production de géothermie sont installées à la Réunion »	194
« Oui, je sais qu'il y en a beaucoup en Islande »	213
« En Russie je ne sais pas lesquelles »	218
« Non malheureusement jcp mais peut-être en Egypte »	232
« Il y en a une au Canada »	453
« Une centrale en Guyane »	454
« Mexico »	1216
« I have heard that they do it in America »	1224

Tableau 36 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 7

Modalité 7 : autre réponse	Sujet n°
« Oui les usines géothermiques qui produisent de la chaleur »	56
« Champs de panneaux solaires »	110
« Je connais les pompes à chaleur pour prendre la chaleur »	141
« Le toit de certaines maisons »	629
« L'électricité, les radiateurs»	897
« Yes, lamps, bulbs thing that are needed to work from light »	988

Question 6 - As-tu déjà entendu parler de la géothermie ?

Cette question vise à différencier la part des élèves interrogés qui ont déjà entendu parler de géothermie de celle affirmant n'avoir jamais entendu parler de géothermie. Il s'agit d'une question fermée, dont les choix de réponses sont : « oui », « non » ou « ne sais pas ». Nous pensons que la plupart des élèves connaissent la géothermie et en ont donc déjà entendu parler mais que le chiffre diffère selon les îles.

Hypothèse Q6 : sur les îles pour lesquelles la géothermie est en cours de développement, plus d'individus affirment avoir déjà entendu parler de la géothermie.

Question 7 - Où est-ce que tu en as entendu parler le plus souvent ?

Cette question vient en complément de la question précédente et vise à savoir par quel moyen les élèves entendent parler de ce concept. Il s'agit d'une question fermée, dont les choix de réponses sont : « avec ta famille », « à l'école », « avec tes camarades », « dans les médias » ou « autres : ... ; ». Pour cette question, il était spécifiquement demandé aux élèves de ne cocher qu'une seule case. Cependant, certains élèves ont respecté la consigne et n'ont coché qu'une seule case, alors que d'autres élèves ont coché plusieurs cases. De ce fait, il n'est pas possible de différencier les élèves ayant coché une case du fait qu'ils aient entendu parler de géothermie qu'à un seul endroit, de ceux ayant coché une case du fait qu'ils aient communiqué l'endroit où ils ont le plus souvent entendu parlé de géothermie. Par conséquent, cette question ne sera pas analysée.

Question 8a - As-tu déjà entendu parler de la géothermie en classe ?

Cette question vise, dans un premier temps, à savoir si la géothermie a été abordée dans un contexte scolaire, malgré le fait qu'elle ne figure a priori pas dans le programmes scolaires, ni en Guadeloupe et Martinique, ni en Dominique. Il s'agit d'une question fermée, dont les choix de réponses sont : « oui » ; « non » ; « ne sais pas ».

Question 8b - Si oui, dans quel cadre ?

Nous souhaitons par cette question savoir quelle expérience l'élève a eue avec la géothermie et le type d'approche utilisée par l'enseignant (projet, visite, ou simple discussion ou explication). Il s'agit d'une question fermée, dont les choix de réponses sont « cours magistral », « projet en groupe », « visite d'installation », « débat en classe », « sortie de terrain », « autre : ... ». Pour cette question, il était possible de cocher plusieurs cases.

Question 8c - En quelle classe étais-tu ?

Les réponses à cette question ont été catégorisées en fonction de la classe, ou des classes citées par les élèves. Les modalités de traitement sont au nombre de sept (tableau 37). Certains élèves ont cité plusieurs classes, plusieurs modalités ont alors été attribuées.

Tableau 37 : Présentation des deux modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 8c

Modalité 1	Primaire, ou grade 4
Modalité 2	Classe de 6 ^{ème} ou grade 5
Modalité 3	Classe de 5 ^{ème} ou grade 6
Modalité 4	Classe de 4 ^{ème} ou form 1
Modalité 5	Classe de 3 ^{ème} ou form 2
Modalité 6	Classe de 2 ^{nde} ou form 3
Modalité 7	Autres réponses ou non réponse

Question 8d - Qu'avais-tu appris à cette occasion ?

Le traitement des réponses à cette question s'est fait de façon dichotomique. Soit l'élève déclare avoir appris quelque chose, soit il déclare n'avoir rien appris ou ne répond pas à la question (tableau 38).

Tableau 38 : Présentation des sept modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 8d

Modalité 1	Oui, l'élève affirme avoir appris quelque chose
Modalité 2	Non, l'élève déclare n'avoir rien appris ou n'a pas répondu

Question 9a - Es-tu plutôt favorable ou défavorable au développement de la géothermie ?

Pour cette question fermée, un tableau à cinq cases est proposé aux élèves, selon une échelle de type Likert. Les cinq modalités de réponse sont présentées dans le tableau 39.

Tableau 39 : Présentation des cinq modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 9a

Modalité 1	Complètement favorable
Modalité 2	Favorable
Modalité 3	Indifférent
Modalité 4	Défavorable
Modalité 5	Complètement défavorable

Q9b : Pour quelle(s) raison(s) ?

Pour cette question ouverte, il est demandé aux élèves de justifier leur choix concernant la question précédente. Les huit modalités de réponse sont présentées dans le tableau 40. Les exemples de réponses pour chaque modalité sont présentés dans les tableaux 41 à 47.

Tableau 40 : Présentation des huit modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 9b

Modalité 1	Réponses faisant référence à l'environnement à la nature.
Modalité 2	Réponses faisant référence au développement, à l'économie, et à l'aspect inépuisable.
Modalité 3	Pas de connaissance ou ne sait pas.
Modalité 4	Pas d'intérêt.
Modalité 5	Pas de réponse.
Modalité 6	Réponses vantant les mérites de la géothermie (autres qu'économiques et environnementaux).
Modalité 7	Réponses faisant référence à la création d'emplois.
Modalité 8	Réponses discréditant les mérites de la géothermie (danger, nuisible...).

Tableau 41 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 1

Modalité 1 : environnement, nature	Sujet n°
« Pour protéger l'environnement »	8
« À mon avis, l'énergie que procure la géothermie est une énergie qui facilitera la protection de l'environnement car c'est une énergie naturelle »	36
« Car la géothermie apporte de l'énergie non polluante »	63
« Naturel, non nocif pour l'environnement, une méthode pour l'avenir, ingénieux, énergie renouvelable »	297

« Car je pense que cette énergie peut éviter d'utiliser d'autres énergies qui polluent »	695
« Cela nous permettra de nous séparer des énergies fossiles et nuisibles pour l'environnement »	793
« Parce que le monde est très pollué et faut qu'on développe des énergies renouvelable »	958
« A decrease in the amount of fossil fuels in the air »	1185
« It can help give us safer environment »	1193
« Because it does not harm the environment or organisms in the environment »	1304

Tableau 42 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 2

Modalité 2 : développement, économie, inépuisable	Sujet n°
« Parce qu'on économiserait de l'énergie, on pourrait chauffer les douches »	5
« Je pense que cela peut jouer sur l'économie »	88
« Car ça permet de baisser la facture de l'électricité »	312
« Car cela permet aux citoyens d'économiser plus d'argent »	503
« Comme ça il y aura plus d'économies »	898
« The country will be energetic independent »	1038
« Because it can reduce light bills »	1080
«Because it is less costly for inhabitants of the country involved in it »	1313

Tableau 43 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 3

Modalité 3 : pas de connaissance, ne sait pas	Sujet n°
« Je suis indifférente à tout cela car je n'ai pas d'idée claire de ce que c'est »	47
« Parce que je ne sais pas trop à quoi elle sert »	98
« Car je ne sais pas trop ce qu'est la géothermie »	145
« Car je ne sais pas ce que c'est donc j'aimerais savoir afin de donner un avis sur le développement ou non de la géothermie »	373
« Je ne sais pas si la géothermie est une bonne ou une mauvaise chose pour l'environnement »	924
« I'm not completely educated about it »	1159

Tableau 44 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 4

Modalité 4 : pas d'intérêt	Sujet n°
« Parce que je n'ai jamais entendu parler de géothermie donc ça ne m'intéresse pas »	90
« Je pense que ça ne me concerne pas trop »	195
« Je suis indifférente à ce sujet car je ne suis pas intéressée par ce genre de choses »	412
« Car je ne suis pas encore intéressée par ce genre de chose »	783
« Ehh whatever happens »	1215

Tableau 45 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 6

Modalité 6 : réponses vantant les mérites de la géothermie, autres que celles en lien avec l'environnement ou l'économie.	Sujet n°
« Parce que c'est une bonne alternative à d'autres moyens de produire de l'énergie »	16
« Car on n'en parle pas assez »	76
« Car je trouve ça intéressant »	205
« J'y suis favorable car c'est un autre moyen de produire de l'énergie »	317
« Pour avoir de l'eau chaude pour se baigner et faire à manger »	359
« C'est une technologie qui peut apporter beaucoup à la société »	411
« Parce que je pense que ça peut faire évoluer le monde »	869
« So we may have another source of energy instead of only hydro energy in Dominica »	1211
« Because it helps people »	1265

Tableau 46 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 7

Modalité 7 : réponses faisant référence à la création d'emplois	Sujet n°
« Ça pourrait être utile au développement du travail (moins de chômage) et peut-être bon pour l'environnement » (modalité 1 et 7)	580
« Cela permet de produire de l'électricité plus proprement, cela ne pollue pas beaucoup et cela crée de l'emploi » (modalité 1 et 7)	633
« À mon avis en se développant la géothermie permettra de générer davantage d'emploi. Aussi je voudrais être plus informée sur ce sujet. Si la géothermie est développée j'en saurais un peu plus »	736
« Cela permettrait de créer des emplois, de produire de l'électricité pour la Guadeloupe »	918
« Employment on the island »	1045
« It creates jobs and reduces electrical bills » (modalités 2 et 7)	1067

Tableau 47 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 8

Modalité 8 : réponses discréditant les mérites de la géothermie.	Sujet n°
« Car je pense que ça gâchera la nature et l'air »	338
« Car l'électricité produite ne suffira pas totalement à alimenter une région entière, je pense que celle-ci ne servira à rien »	418
« L'eau rejetée dans la mer par l'usine est dangereuse pour ceux qui s'y baignent (malaise, maladie, mort) »	524
« les odeurs d'œufs pourris sont répugnantes beurk !! »	954
« I believe that digging a hole in a country with nine volcanoes will bring problems »	1025
« I think it can destroy the soil »	1072
« Because it is dangerous »	1102
« Because they are destroying the earth and the soil »	1128
« It is not well thought off it may create issues to the boiling lake to cool down »	1224
« It can cause earthquake or the awakening of volcano »	1343

Q 10 - Est-ce que tu penses être assez informé(e) sur le sujet ?

Pour cette question fermée, nous souhaitons savoir si les élèves s'estiment suffisamment informés sur le sujet de la géothermie. Les trois modalités de réponses sont les suivantes : « oui », « non » ou « ne sais pas ».

Q11a - Est-ce que tu aimerais en parler plus souvent ?

Pour cette question, nous ne souhaitons pas savoir si les élèves souhaitent parler de géothermie plus souvent, mais nous souhaitons savoir si ce sujet les intéresse. De la même manière que pour la question précédente, pour cette question fermée les modalités de réponses sont les suivantes : « oui », « non » ou « ne sais pas ».

Q11b - Avec qui ?

Enfin, pour cette dernière question, nous souhaitons savoir par quels moyens les élèves préfèrent-ils être informés sur le sujet de la géothermie. Il s'agit d'une question fermée, dont les choix de réponse sont : « avec ta famille », « à l'école », « avec tes camarades », « dans les médias » ou « autres : ... ».

Nous avons constaté qu'un grand nombre d'élèves ont répondu « autre » et ont ajouté « personne » sur les pointillés. Nous avons donc ajouté une modalité au traitement de cette question : la modalité « personne ».

2.3.3. Méthodologie d'analyse du questionnaire

Afin d'analyser les données récoltées et de tester nos hypothèses, différentes analyses statistiques ont été réalisées : des analyses descriptives, des analyses inférentielles et des analyses d'interdépendances.

Analyses descriptives :

Premièrement, des tris à plat ont été élaborés. Ils sont illustrés par des tables de fréquences et des histogrammes pour la totalité de l'échantillon, par île, et parfois, par lycée, pour les 30 questions (toutes les questions sauf la question Q7, pour laquelle les élèves n'ont pas tous répondu de la même manière). Ce traitement a été réalisé grâce à un tableur. Ces analyses basiques reflètent les effectifs ou pourcentages de réponses en toute naïveté et sans interprétation. Il s'agit de décrire pour chaque variable, la distribution des modalités dans l'échantillon.

Analyses inférentielles :

Dans un second temps, une analyse ANOVA (analysis of variance) a été réalisée avec le logiciel SPSS²⁰. Cette analyse permet de confronter des moyennes dans plusieurs groupes (ici les îles) et de tester l'hypothèse « nulle », c'est-à-dire l'hypothèse selon laquelle des groupes proviennent d'une même population et selon laquelle leur moyenne sont semblables. L'analyse permet également de tester l'hypothèse alternative selon laquelle il y a au moins une des moyennes qui est différente des autres. Elle ne peut se faire que sur des questions dont le codage des variables est dichotomique (0 ou 1) ou ordinal (par exemple les échelles type Likert). On utilise ce type d'analyse lorsqu'on souhaite étudier la significativité des différences dans les réponses de plus de deux groupes indépendants d'individus. L'analyse a été réalisée sur le deuxième traitement de la question 1, pour les trois îles (présence ou non de certains mots, tels que le mot « volcan », le mot « lumière » etc. dans les réponses à la question : « Qu'est-ce que la géothermie selon toi, donne ta définition »), (tableau 17, p. 101). Afin de décrire de manière plus précise les différences et de connaître les groupes qui se distinguent, des tests post-hoc (tests *a posteriori*) ont été réalisés. Il s'agit des tests Least Significant Difference ou LSD (différence significative minimale) et test de Tukey HSD ou Honestly Significant Difference (différence significative honnête). Le test LSD est considéré comme étant un des tests les moins conservateurs ou les plus laxistes. À l'inverse, le test de Tukey est très conservateur et donc moins laxiste.

Des tests de χ^2 (ou Chi-2) ont ensuite été réalisés avec le logiciel Statistica²¹. Ce test permet de vérifier l'hypothèse d'indépendance de deux variables entre elles. Il s'opère sur les tableaux croisés et sur des variables de type catégorielles. Ce test a été fait sur toutes les questions dont les modalités

²⁰ SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) est un logiciel utilisé pour l'analyse statistique. Il a été créé en 1968.

²¹ Statistica est un logiciel édité par la société StatSoft, Inc. en 1999. Il permet de réaliser des analyses statistiques de donnée, de l'exploration de données et de l'informatique décisionnelle.

sont exclusives (une seule modalité par sujet et par variable). Par exemple : la question 9a (Es-tu plutôt favorable ou défavorable au développement de la géothermie ?) est exclusive. Le traitement des questions est réalisé de manière à ce qu'une seule modalité de réponse soit attribuée à l'individu pour la question. En d'autres termes, une question correspond à une variable. À l'inverse, la question ouverte Q2 (À quoi sert la géothermie ?) est une question qui n'est pas exclusive, plusieurs modalités peuvent être attribuées à un même individu. Par exemple, si l'individu répond que la géothermie sert à faire des économies et à produire de l'énergie, alors deux modalités sont attribuées : énergie (2) et économies (7). Les neuf questions suivantes ont donc été prises en compte pour le test de khi² : Q1 premier traitement modifié, Q4 premier traitement, Q5, Q6, Q8a, Q8d, Q9a, Q10 et Q11a. Nous avons également intégré les variables « île » et « lycée » à l'analyse afin de savoir quelles variables sont dépendantes entre elles.

Analyses d'interdépendance :

Une analyse de cohérence interne (Alpha de Cronbach) a également été réalisée avec le logiciel SPSS sur la troisième question (« Donne ton avis sur les affirmations suivantes : la géothermie... »). Cette analyse permet d'étudier « *les propriétés psychométriques d'un instrument de mesure et plus précisément des instruments qui évaluent un ou des construits à l'aide d'échelles de mesure* »²². Pour ce faire, les données analysées peuvent être issues d'une échelle de type Likert pour laquelle les différents éléments ou items portent sur le même sujet et mesurent le même construit. La somme ou la moyenne des modalités représente la « quantité » du construit sur un sujet donné. Dans notre cas, pour la question 3, les 17 items proposés permettent de mesurer la perception de l'individu sur la géothermie. Afin que les items mesurent cette perception de manière homogène, le codage a été inversé pour certains d'entre eux (par exemple : « la géothermie nuit à l'environnement » sera codé inversement à « la géothermie contribue à la protection de l'environnement », selon l'échelle de Likert). L'alpha de Cronbach permet alors de mesurer la cohérence interne entre les items, c'est pour cela qu'on parle d'analyse d'interdépendance. Une analyse ANOVA a ensuite été réalisée entre la nouvelle variable créée et la variable « lycée ». Cette dernière rentre cependant dans la catégorie des analyses inférentielles mais a nécessité une analyse d'interdépendance pour être réalisée.

Enfin, des analyses en correspondances multiples (ACM) ont été mises en place avec le logiciel Statistica. Ces analyses permettent de comprendre la structure d'un ensemble de variables et les dépendances entre les différentes modalités des variables. Un total de quatre ACM a été réalisé sur différentes questions (tableau 48).

Tableau 48 : Liste des quatre ACM réalisées

ACM n° 1	Variables : lycée, Q4 traitement 1
ACM n° 2	Variables : île, Q4 traitement 2
ACM n° 3	Variables : lycée, Q1 premier traitement modifié, Q4 premier traitement, Q5, Q6, Q8d, Q9a, Q10, Q11a
ACM n° 4	Variables : lycée, Q1 premier traitement modifié, Q4 premier traitement, Q9a

²² Cf. <http://spss.espaceweb.usherbrooke.ca/pages/interdependance/alpha-de-cronbach.php> (consulté le 25/08/2018)

Note importante : traitement adapté de la question 1

Afin de pouvoir intégrer la question 1 aux analyses de khi² et aux ACM, il a fallu transformer le codage afin qu'il soit exclusif (c'est-à-dire, qu'il n'y ait plus qu'une seule modalité par sujet, ce qui n'est pas le cas du premier traitement). Pour ce faire, les réponses possédant plusieurs modalités (soit 11% des réponses) ont été recodées selon le sens premier de la réponse ou lorsque cela n'était pas possible, en privilégiant la réponse la plus proche de la réponse attendue (tableau 49).

Tableau 49 : Exemples de codages adaptés aux analyses khi² et ACM pour la question 1

Exemple	Sujet	Modalités traitement 1	Modalité traitement 1 adapté
« La géothermie est une énergie verte qui exploite la chaleur emmagasiné par le sol pour en faire de l'énergie électrique »	488	2, 3, et 4	2
« c'est une énergie renouvelable. Elle consiste à prélever l'eau bouillante des nappes phréatiques et en prélever la vapeur pour faire fonctionner les machines »	611	2 et 4	4
« La géothermie c'est la transformation de l'énergie thermique du sol en énergie électrique »	721	2 et 3	2

2.4. Résultats et analyses

Les résultats et analyses des questionnaires sont exposés en fonction du type d'analyse effectué. Premièrement, les histogrammes de fréquences pour chaque question seront exposés, il s'agit des analyses descriptives. Dans une deuxième partie, les analyses inférentielles seront présentées. Enfin, des analyses d'interdépendance seront abordées dans une troisième partie.

2.4.1. Analyses descriptives

Les premiers résultats de l'enquête sont présentés dans ce chapitre sous forme d'histogrammes représentant les effectifs de réponse par modalité. Chaque question a été traitée séparément, les effectifs par modalité de réponse ont été réalisés pour l'ensemble de l'échantillon interrogé, par lycée et aussi par île.

Question 1 - Qu'est-ce que la géothermie, donne ta définition ?

Premier traitement de la question 1 :

L'histogramme (figure 31) illustre la répartition en pourcentage des réponses pour chaque modalité de réponse à la première question, pour les trois îles (les modalités ne sont pas exclusives).

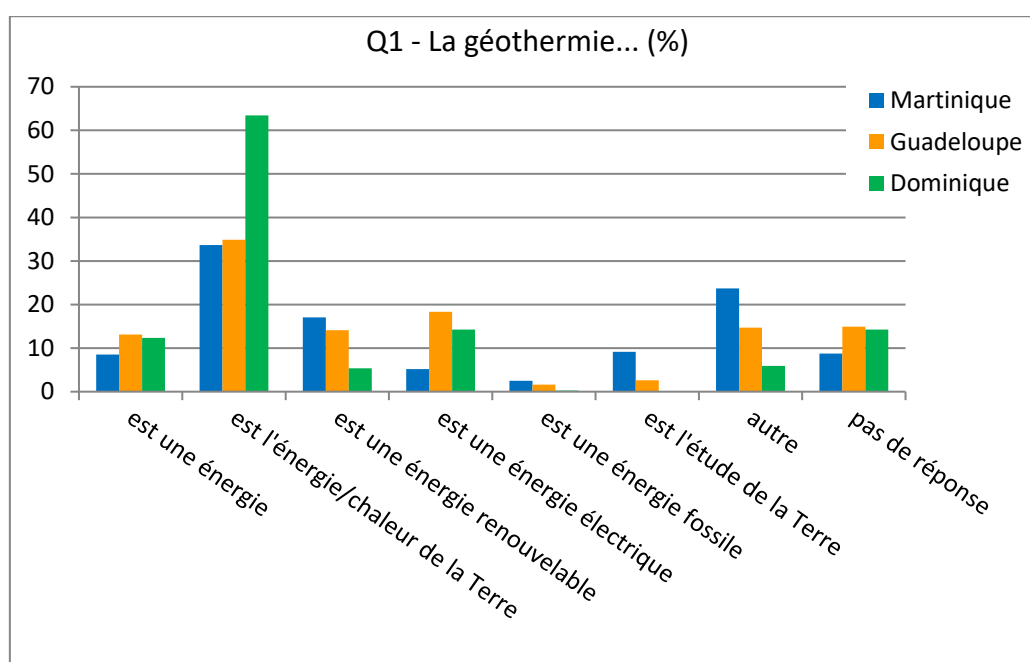


Figure 31 : Histogramme des pourcentages de réponse à la question 1, par île

Les réponses attendues sont les trois premières modalités du graphique (la géothermie est une énergie, renouvelable, qui vient de la Terre). Les élèves des trois îles répondent en grande majorité que la géothermie est une énergie qui vient du sol ou de la Terre. 81% des élèves de Dominique donnent une réponse attendue, contre 62% en Guadeloupe et 59% en Martinique. La géothermie est un terme globalement bien compris par les trois îles. Il l'est néanmoins un peu plus en Dominique. Le rapport à l'électricité est plus souvent abordé par les élèves de Guadeloupe (18%) et de Dominique (14%) contre seulement 5% pour ceux de Martinique. L'aspect renouvelable, lui, est plus souvent

abordé par les élèves de Martinique (17%) et de Guadeloupe (14%) contre seulement 5% pour les élèves de Dominique. Enfin, la Dominique domine de très loin les deux autres îles sur la deuxième modalité. Les élèves de Dominique déclarent à 63%, contre 33% et 34% pour la Martinique et la Guadeloupe, que la géothermie est l'énergie ou la chaleur de la Terre.

Deuxième traitement de la question 1 :

La figure 32 présente les réponses obtenues pour le deuxième traitement de la question 1. Les données sont illustrées en effectifs de répondants.

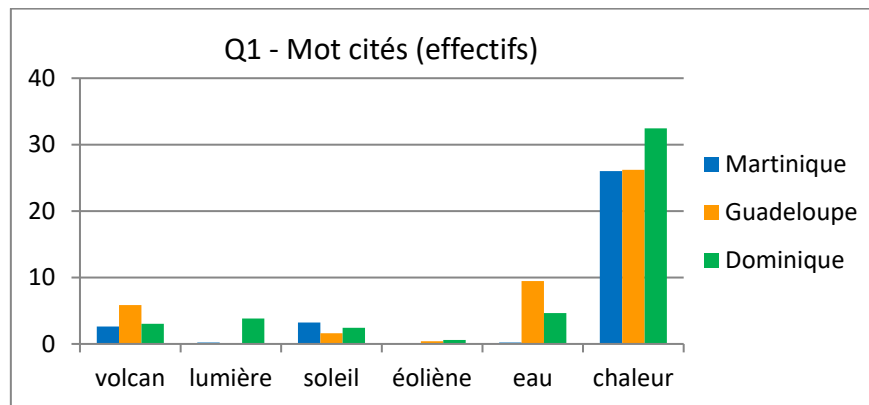


Figure 32 : Histogramme illustrant les effectifs des élèves ayant mentionné certaines notions particulières pour la question 1 (deuxième traitement)

Nous pouvons constater qu'il y a plus d'élèves en Guadeloupe qui font référence au volcanisme que dans les autres îles. La notion de lumière est abordée plus souvent par les élèves de Dominique. La référence au soleil est légèrement plus présente en Martinique, en revanche, le concept d'éolienne est très peu présent dans les trois îles. La référence à l'eau est quant à elle beaucoup plus présente en Guadeloupe. Enfin, les références à la chaleur sont plus nombreuses en Dominique.

Question 2 - À quoi sert la géothermie, pourquoi l'utilise-t-on ?

L'histogramme (figure 33) illustre la répartition en pourcentages de réponses pour chaque modalité de réponse à la deuxième question, pour les trois îles.

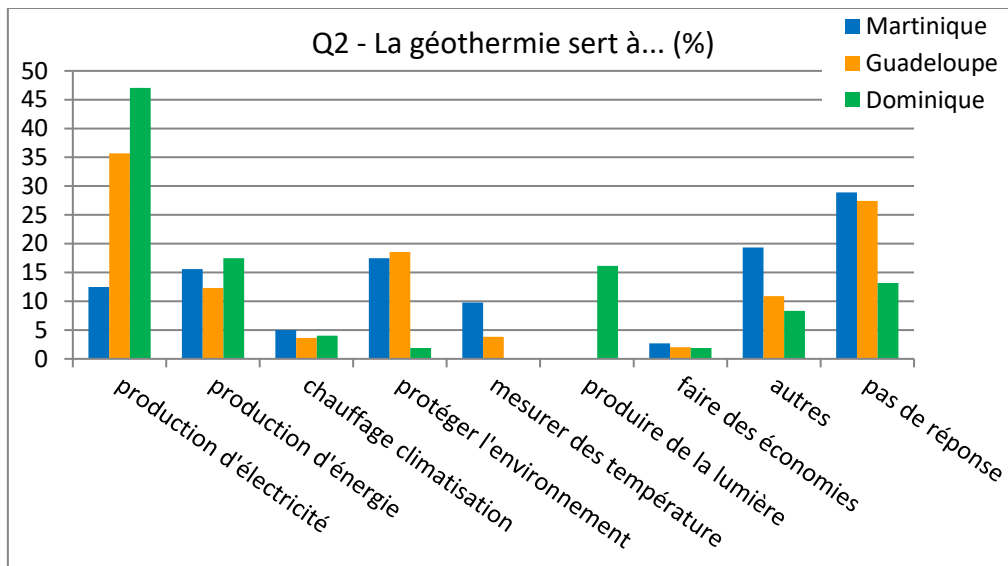


Figure 33 : histogramme des pourcentages de réponses à la question 2, par île

Les modalités « production d'énergie » et « chauffage climatisation » sont relativement homogènes pour les trois îles, à 10% près. La modalité « production d'électricité » a des effectifs très hétérogènes sur les trois îles. C'est la réponse la plus donnée pour la Dominique, 47%, et pour la Guadeloupe, 35%, alors qu'elle n'arrive qu'en cinquième position, seulement 12% pour la Martinique. Le rapport à la protection de l'environnement est très abordé en Guadeloupe et en Martinique (18% et 17%) alors qu'il l'est très peu en Dominique, seulement 1%. Enfin, la production de lumière est une spécificité citée uniquement en Dominique (16%).

Question 3 - Donne ton avis sur les phrases suivantes : « La géothermie ...

Les analyses descriptives des 16 sous-questions de la question 3 sont présentées par thématique. De cette manière, la lecture des résultats est plus intelligible et pertinente.

A- La géothermie est une technique bien maîtrisée

Les résultats de cette question sont illustrés par la figure 34, pour chaque île, puis pour chaque lycée de Guadeloupe.

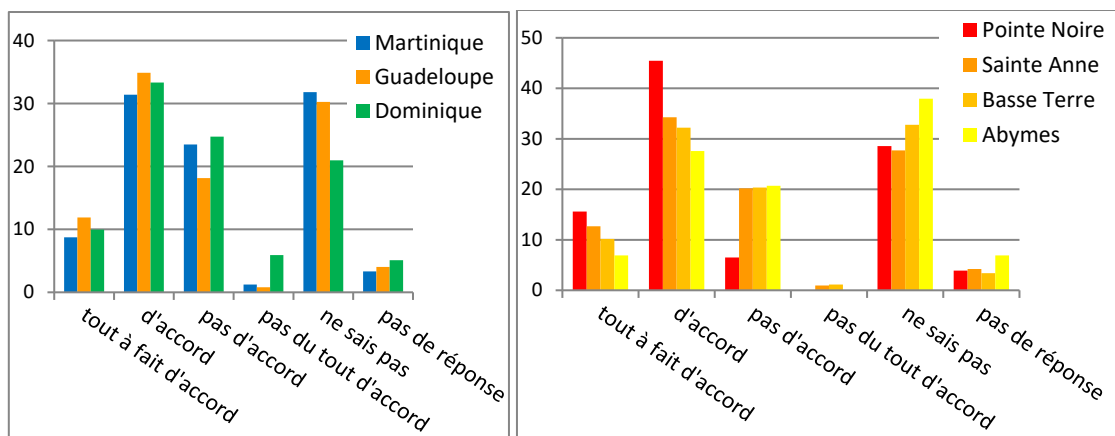


Figure 34 : Histogramme des pourcentages de réponse à la question 3A, par île et par lycée de Guadeloupe

Les résultats illustrés montrent une certaine homogénéité des réponses à la question entre les trois îles. La majorité des élèves est d'accord avec l'idée que la géothermie est une technique bien maîtrisée, surtout en Guadeloupe. Un total de 31% des élèves de Dominique n'est pas d'accord ou pas du tout d'accord avec cette idée. Ce pourcentage s'élève à 24% en Martinique et 19% en Guadeloupe. En moyenne, 28% des élèves ne savent pas quoi répondre à cette question. Il est notable que le lycée proche de Bouillante (Pointe-Noire) a une distribution atypique : seulement 6% des élèves sont en désaccord alors que 61% sont d'accord ou tout à fait d'accord.

B- La géothermie nécessite d'être développée

Les réponses à la question 3B sont illustrées en pourcentages par île dans la figure 35.

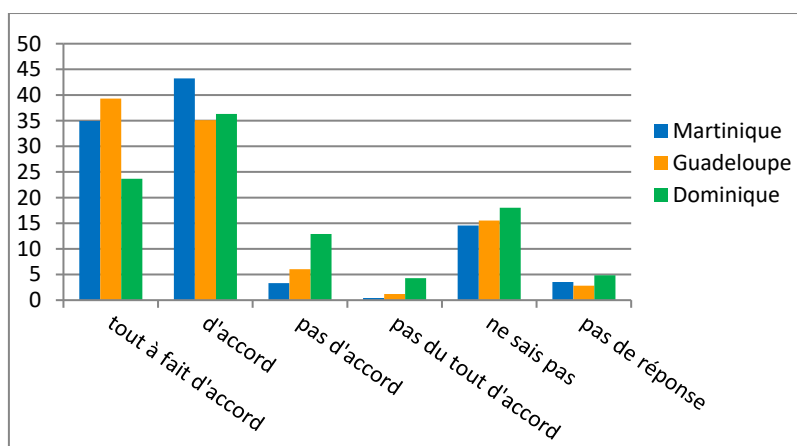


Figure 35 : Histogramme des pourcentages de réponses à la question 3B, par île

Les élèves des trois îles pensent globalement que la géothermie nécessite d'être développée. Cependant, parmi les élèves qui ne sont pas d'accord avec cette affirmation, ceux de Dominique sont les plus nombreux.

Questions L, M, N et O : Géothermie et risques

Les histogrammes concernant les nuisances à l'environnement, à la biodiversité, à la santé humaine et au sous-sol ont été regroupés (figure 36).

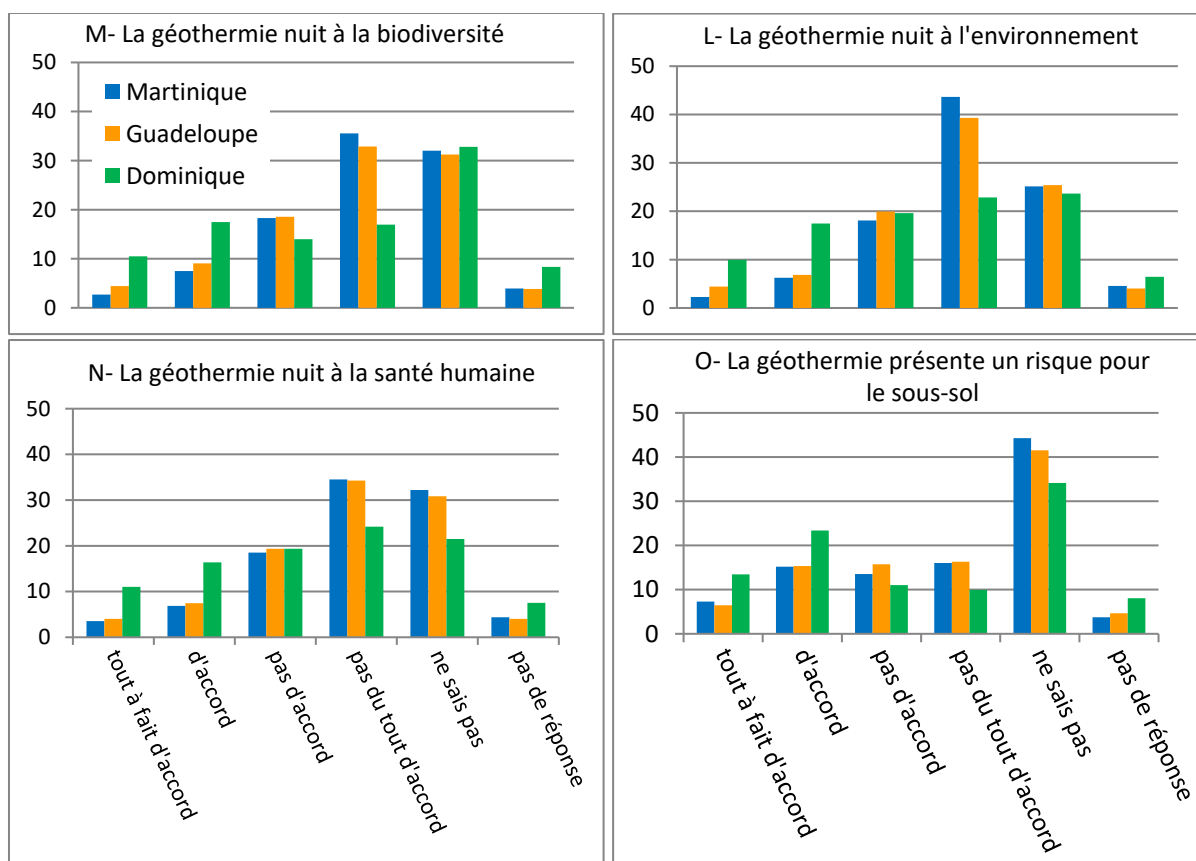


Figure 36 : Histogrammes des effectifs de réponses aux questions 3L, 3M, 3N, et 3O, pourcentages par île

Pour ces quatre histogrammes, les réponses de Guadeloupe et de Martinique sont très homogènes. En revanche, la Dominique se détache singulièrement. De manière générale, les élèves ne pensent pas que la géothermie puisse être une nuisance à l'environnement, la biodiversité ou la santé humaine. Les désaccords sont globalement plus importants que les accords.

Les réponses « d'accord » ou « complètement d'accord » avec ces affirmations sont néanmoins plus importantes en Dominique que dans les autres îles, et les réponses « pas d'accord » et « pas du tout d'accord », un peu moins importantes. En Dominique, la géothermie est plus fréquemment perçue comme une nuisance à l'environnement, la biodiversité et la santé que dans les autres îles.

Il est par ailleurs notable qu'en Guadeloupe et en Martinique, une importante part des élèves n'est pas du tout d'accord avec le fait que la géothermie soit une nuisance pour les trois concepts évoqués, les taux de réponses à la modalité « pas du tout d'accord » sont plus élevés que pour les autres modalités (35% à 45%). Les avis sont donc assez tranchés.

En ce qui concerne l'idée que la géothermie puisse présenter un risque pour le sous-sol, le taux de réponse est notablement plus faible dans les modalités de réponses « pas d'accord » et « pas du tout d'accord » que pour les autres concepts. La géothermie, dans les trois îles, est souvent perçue comme quelque chose pouvant présenter un risque pour le sous-sol, et surtout en Dominique.

P et J : Géothermie et tourisme

Les réponses concernant le lien entre la géothermie et le tourisme ont été regroupées (figure 37).

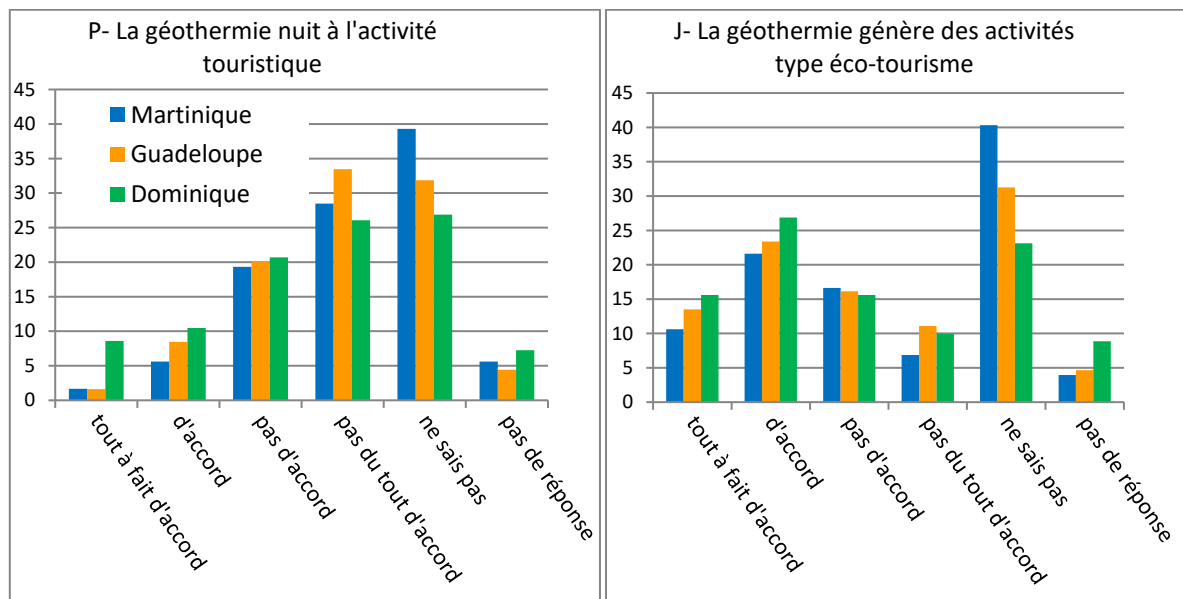


Figure 37 : Histogrammes des pourcentages de réponses aux questions 3J et 3P, par île.

Globalement, pour les trois îles, la géothermie n'est pas perçue comme nuisible au tourisme. En Dominique, la géothermie est un peu plus perçue comme une nuisance à l'activité touristique que dans les autres îles. Au total, 19% des élèves de Dominique sont « tout à fait d'accord » ou « d'accord » avec l'affirmation concernant la nuisance, contre 8% en Martinique et 10% en Guadeloupe. En revanche, les élèves sont également plus nombreux en Dominique à penser que la géothermie peut générer des activités de type écotourisme (43%). Il semble que les élèves de Dominique soient plus nombreux à avoir répondu à la question. Pour ce qui est de la Guadeloupe, la majorité des élèves n'est pas du tout d'accord ou pas d'accord avec le fait que la géothermie soit une nuisance pour le tourisme (65%) et l'avis est assez tranché. Pour la Martinique, 67% des élèves ne sont pas du tout d'accord ou pas d'accord pour la question de la nuisance, mais les avis sont moins tranchés. Ces résultats sont en accord avec la question opposée, concernant la création d'activités écotouristiques. Pour ces deux questions, il y a une grande part de réponses « ne sais pas » dans les trois îles, surtout pour la Martinique.

G- La géothermie contribue au développement durable

Les réponses à la question 3B sont illustrées en pourcentages par île et pour les lycées de Guadeloupe dans la figure 38.

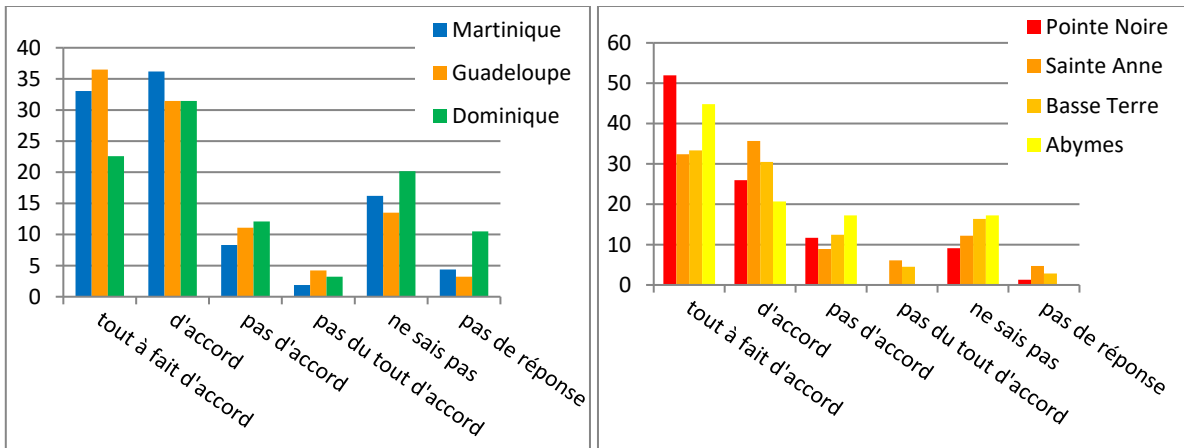


Figure 38 : Histogrammes des pourcentages de réponses à la question G, par île et par lycée de Guadeloupe

La plupart des élèves répondent qu'ils sont d'accord ou tout à fait d'accord avec l'idée que la géothermie contribue au développement durable. Ces avis représentent 67% et 69% pour la Martinique et la Guadeloupe, mais seulement 54% pour la Dominique. Sur les lycées de Guadeloupe, Pointe-Noire se distingue avec plus de 50% de réponses tout à fait d'accord, mais moins de 30% de réponses d'accord. L'opinion à Pointe-Noire est très tranchée. La représentation des effectifs en Guadeloupe fait également ressortir le lycée des Abymes. En raison du faible effectif interrogé dans ce lycée, cette spécificité est interprétée comme un biais lié à l'échantillonnage.

Questions C et H : géothermie et écologie

Les réponses concernant le lien entre la géothermie et l'écologie ont été regroupées dans la figure 39.

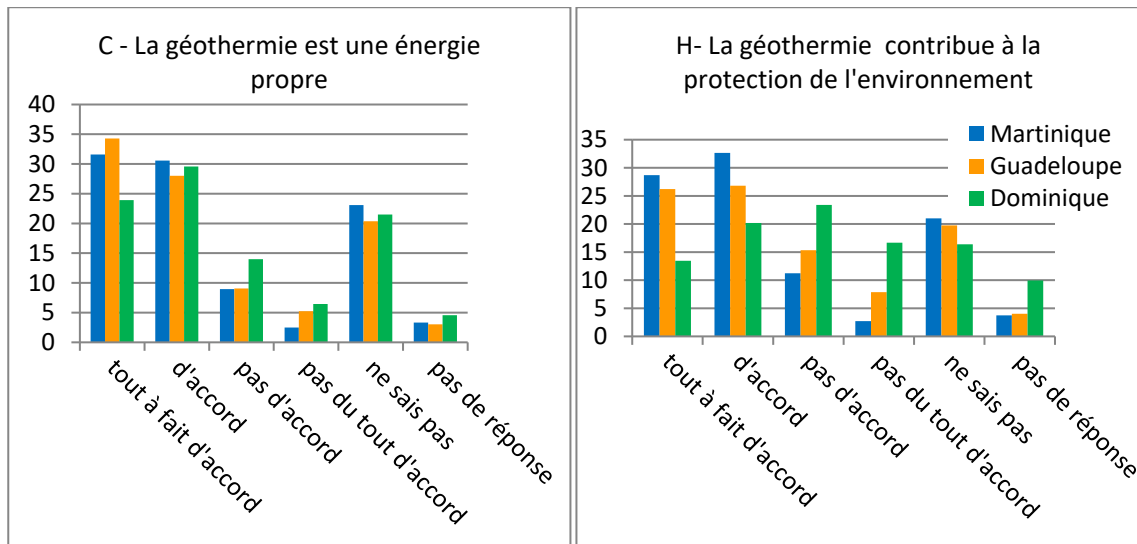


Figure 39 : Histogrammes des pourcentages de réponses aux questions 3C et 3H, par île

Les élèves de Guadeloupe et de Martinique pensent globalement que la géothermie est une énergie propre et qu'elle contribue à la protection de l'environnement. En revanche, les élèves de Dominique ne pensent pas que la géothermie contribue à la protection de l'environnement et sont plus nombreux à ne pas être d'accord avec l'idée qu'elle soit une énergie propre. Ici encore, la Dominique

se distingue des autres îles en étant moins convaincue par le fait que la géothermie puisse être un atout environnemental.

Questions Q, K, D et I : géothermie et économie

Les quatre graphiques présentés ici concernent le thème de l'économie (figure 40).

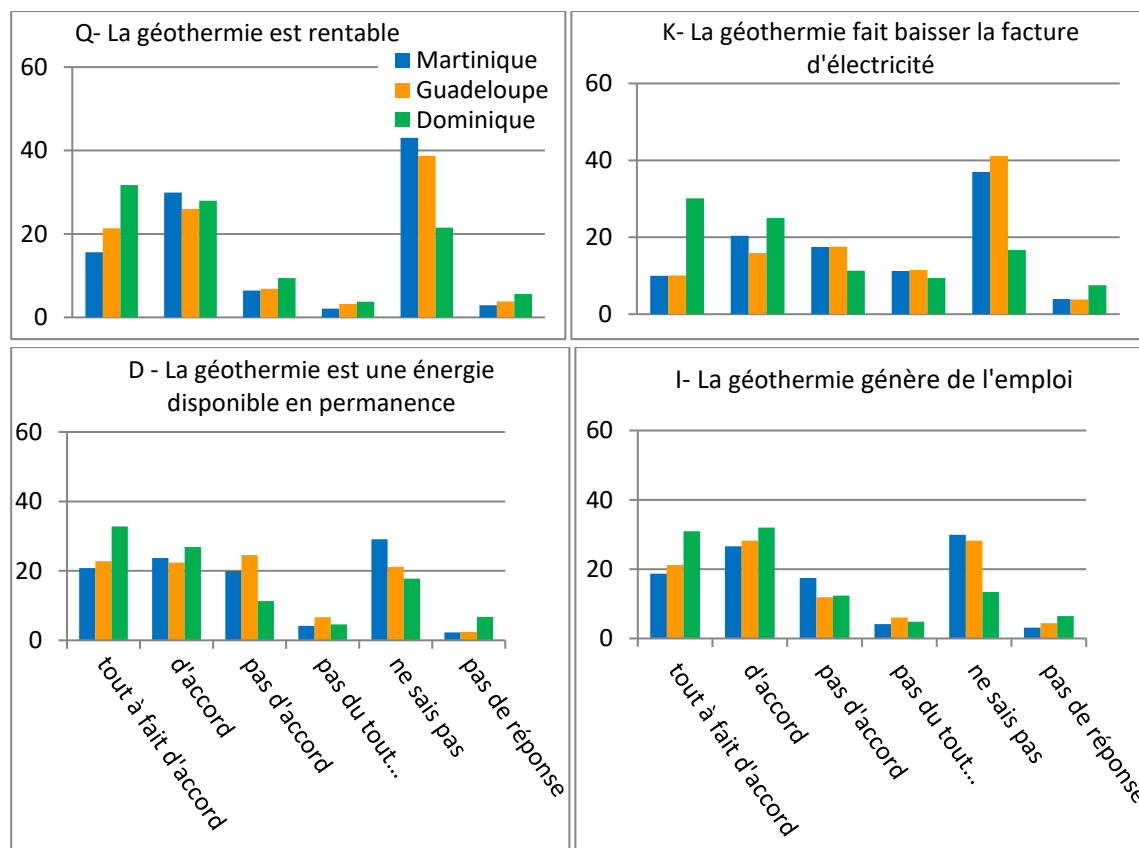


Figure 40 : Histogrammes des pourcentages de réponse aux questions 3D, 3Q, 3K et 3I, par île.

Les distributions de Guadeloupe et de Martinique sont homogènes, avec une majorité d'accords concernant le fait que la géothermie soit rentable, qu'elle soit une énergie disponible en permanence et, qu'elle soit source d'emplois. En revanche, les réponses sont très partagées sur le fait que la géothermie puisse faire baisser la facture d'électricité, avec autant d'accords que de désaccords. La Dominique, quant à elle se distingue sur cette affirmation avec 55% des élèves affirmant que la géothermie peut faire diminuer la facture d'électricité, contre seulement 26% pour la Guadeloupe et 30% pour la Martinique.

E- La géothermie est un atout à l'exportation

Les réponses à la question 3E concernant l'exportation de la géothermie sont présentées dans la figure 41.

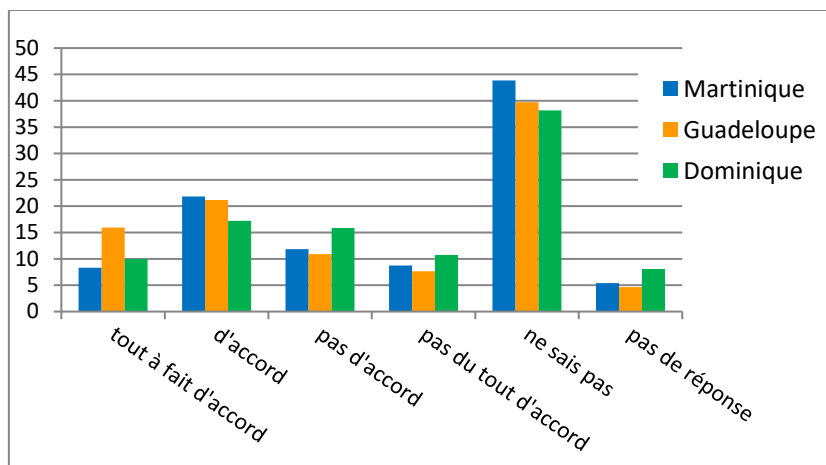


Figure 41 : Histogramme des pourcentages de réponse à la question 3E, par île

La majorité des élèves affirme ne pas savoir répondre à la question, cela est possiblement lié à une faible connaissance des réseaux permettant l'exportation d'électricité. Environ un tiers de l'échantillon total considère tout de même que la géothermie est un atout à l'exportation, avec une moyenne de 12% de « tout à fait d'accord » et de 20% de « d'accord ». Encore une fois, la Dominique se distingue avec un effectif plus grand de désaccords que dans les deux autres îles.

F- La géothermie contribue à l'indépendance énergétique

Les réponses à la question 3F concernant l'exportation de la géothermie sont présentées dans la figure 42.

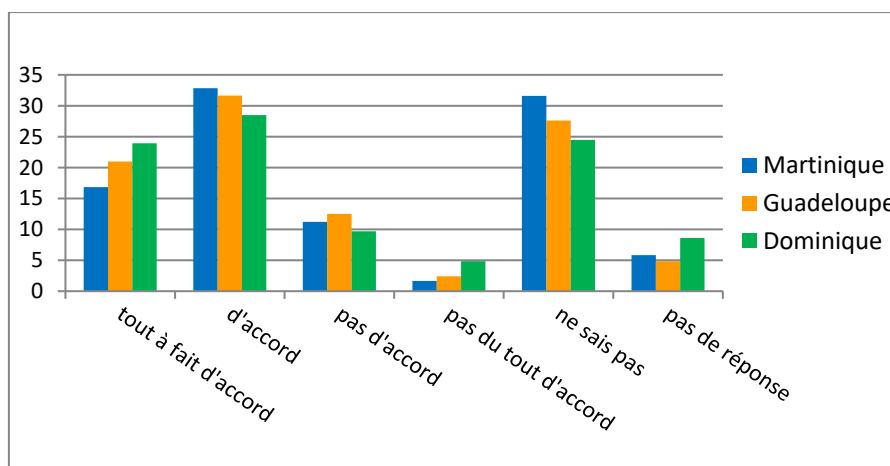


Figure 42 : Histogramme des pourcentages de réponses à la question 3F, par île

Une majorité des élèves est d'accord avec l'affirmation, un quart affirme ne pas savoir répondre à la question, et les effectifs des trois îles sont globalement homogènes. Les élèves des trois îles semblent être conscients du fait que la géothermie puisse être un atout pour l'indépendance de leur île.

Question 4 - Dessine une exploitation géothermique, tu peux ajouter des légendes.

Le corpus recueilli comporte 926 dessins. Comme expliqué dans la méthodologie, deux traitements ont été réalisés pour cette question.

Premier traitement de la question 4 :

Tout d'abord, le premier traitement est présenté. Les dessins ont, dans un premier temps, été répartis en plusieurs catégories. Au premier abord, deux types de dessins se distinguent : les dessins faisant référence à une activité industrielle et ceux représentant le phénomène de chaleur naturelle. Concernant ceux représentant une usine, de manière plus détaillée, certains représentent une exploitation avec un transfert explicite avec le sol, d'autres représentent plutôt une usine avec une notion de distribution vers une ville ou vers des habitations, d'autres, une usine provoquant une nuisance (fumée, odeur), et d'autres simplement une usine. Ces dessins, au nombre de 345, représentent environ 35% des dessins, et sont répartis de manière à peu près équivalente entre les trois îles. Ils sont néanmoins parfois associés à d'autres éléments, comme la mer ou l'eau, la nature, l'homme, la chaleur, le soleil, ou encore la lumière (figure 43).

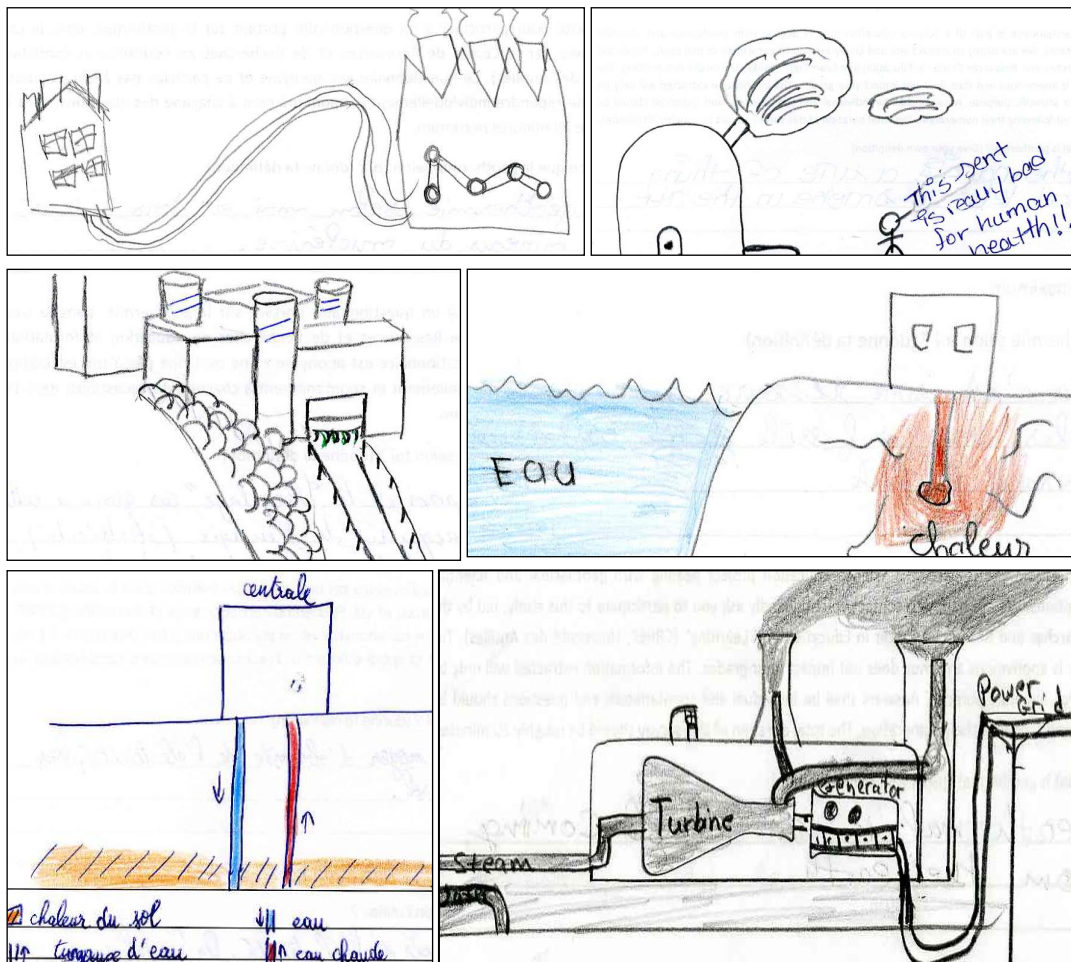


Figure 43 : Illustrations des réponses à la question 4 : dessins d'usines

Les dessins représentant le phénomène de chaleur de la Terre ou du sol, ou encore la mesure de sa température constituent 18% des dessins (figure 44). Ils sont majoritairement constitués de dessins

venant de Martinique (106 dessins pour la Martinique, et 29 et 34 pour la Guadeloupe et la Dominique respectivement).

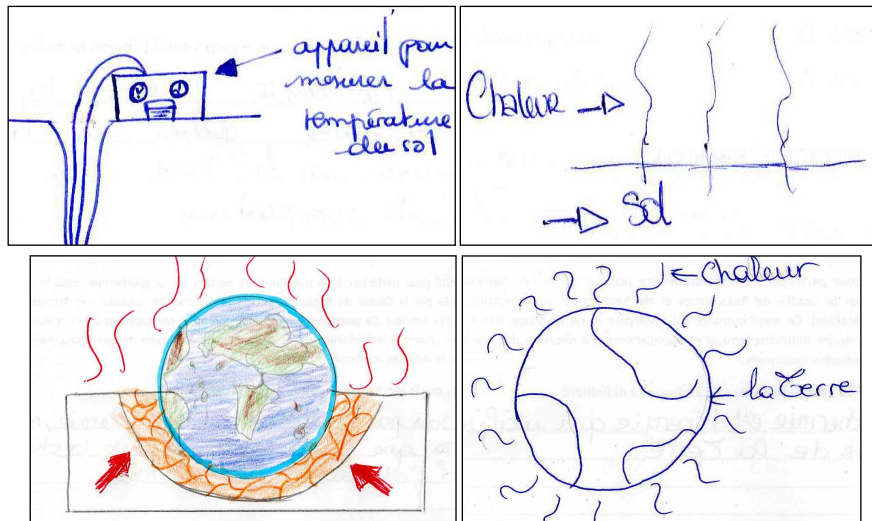


Figure 44 : Exemples de dessins du phénomène de chaleur et de la Terre

Ensuite, une grande partie de dessins évoquant une énergie renouvelable ont été identifiés. La majorité de ces dessins représente des éoliennes ou des panneaux solaires, parfois les deux (figure 45). Certains dessins représentent de l'énergie hydroélectrique avec des rivières et des turbines ou encore avec des barrages. D'autres dessins (14%) sont en lien avec une autre énergie renouvelable. Encore une fois, se sont surtout les élèves de Martinique qui ont représenté ces concepts (86 dessins sont de Martinique sur les 137 représentant ces concepts).

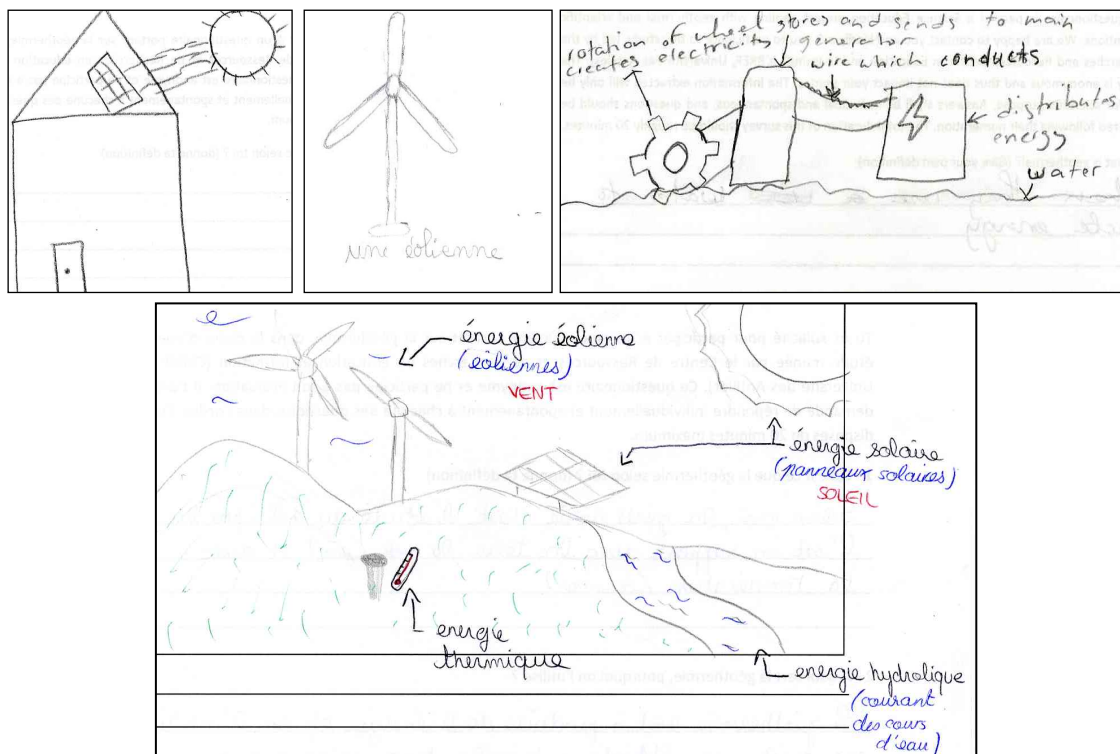


Figure 45 : Exemples de dessins d'énergies renouvelables

Comme l'illustre la figure 46, quelques dessins font référence à une énergie fossile ou au nucléaire, mais ils constituent une infime partie des dessins récoltés (environ une vingtaine au total, répartis équitablement dans les trois îles).

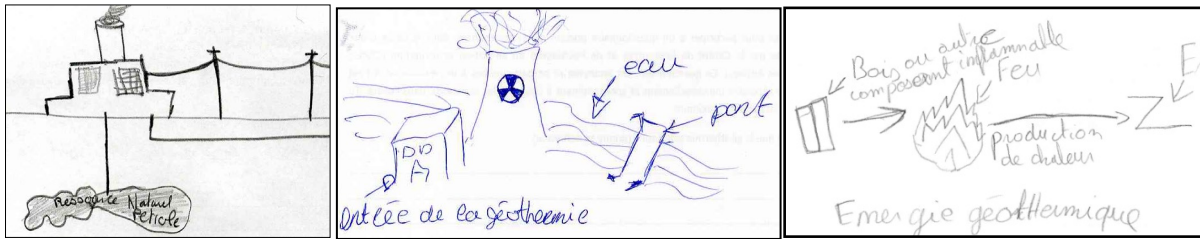


Figure 46 : Exemples de dessins avec nuisances

Une part des dessins évoque le volcanisme, soit par un volcan mais aussi par du magma, de la lave ou encore des roches magmatiques. Certains dessins associent une représentation de volcan et d'usine et d'autres représentent un volcan seul (figure 47). Les dessins comportant un volcan représentent 8,7% des dessins, et c'est en Guadeloupe (47%), qu'il y a le plus grand nombre de représentations de volcans, suivis par la Dominique (30%) puis par la Martinique (23%).

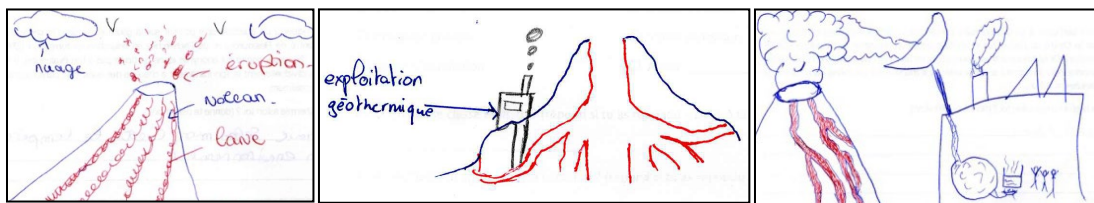


Figure 47 : Exemples de dessins de volcans

Quelques dessins représentent une installation particulière, dans une maison (43 dont 25 pour la Martinique), d'autres représentent des choses plus abstraites et schématisées (figure 48).

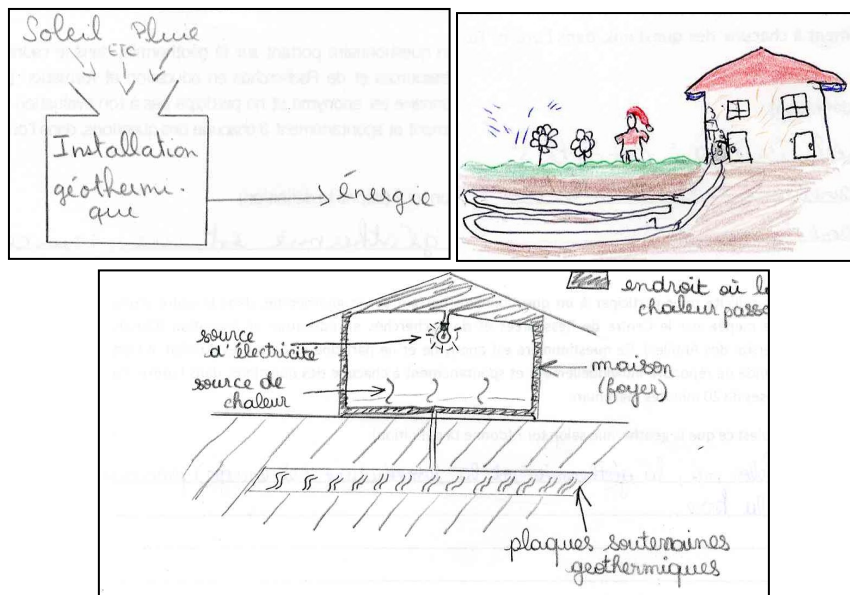


Figure 48 : Exemples de dessins de maisons et de dessins schématisés

Enfin, certains sont difficilement interprétables (123 au total), soit parce qu'ils sont très originaux, soit parce que le lien avec la géothermie n'a pas été clairement identifié (figure 49). Ces dessins ont été regroupés dans une catégorie « autres ».

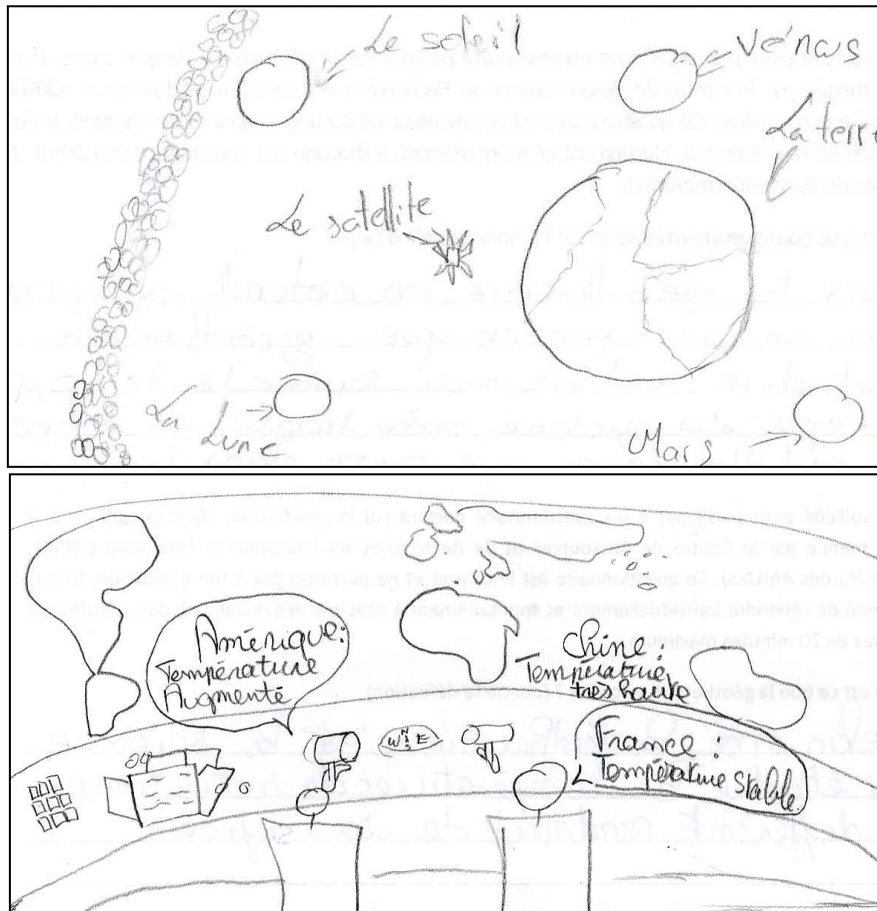


Figure 49 : Exemples de dessins « autres ».

Le codage effectué, comme expliqué en méthodologie, est plus fin et plus détaillé que les exemples illustrés ci-dessus. Les dessins ont été catégorisés selon neuf modalités exclusives dont la description est rappelée dans le tableau 50 ci-dessous, et des exemples disponibles dans les annexes p. 335 à 353. Les pourcentages de réponses ont été calculés par rapport à l'effectif total de répondants. Les non réponses n'ont pas été prises en compte dans le total. Les résultats sont illustrés sous forme d'histogramme par la figure 50.

Tableau 50 : Description des modalités de catégorisation des dessins

Modalité 1	Industriel, usines avec un transfert explicite avec le sol
Modalité 2	Industriel, usine sans transfert avec le sol
Modalité 3	Industriel, usine et présence d'un volcan ou de magmatisme
Modalité 4	Particulier, maison, individuel
Modalité 5	Phénomène de chaleur et représentation de terre
Modalité 6	Energie renouvelable, éolienne, panneau solaire, ou lien avec l'environnement
Modalité 7	Energie fossile, polluante, ou nuisance
Modalité 8	Dessins schématiques, ou représentant la technologie
Modalité 9	Autres

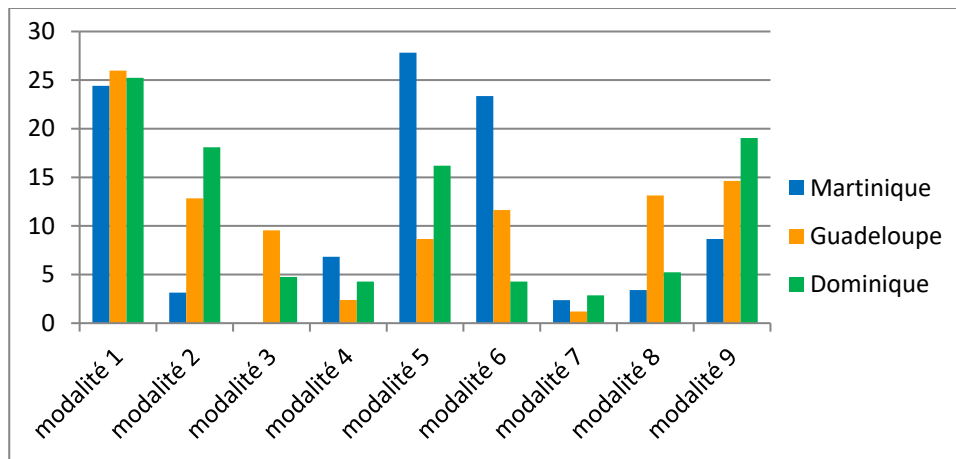


Figure 50 : Histogramme descriptif des réponses à la question 4 (en pourcentage)

En moyenne, 25% des élèves de chaque île ayant répondu à la question ont dessiné une usine avec un transfert explicite avec le sol. En Martinique, 50% des élèves ayant répondu ont réalisé un dessin en lien avec l'environnement, les énergies renouvelables, ou encore le phénomène de chaleur provenant de la Terre ou du sol (modalités 5 et 6). En Guadeloupe, 12% des élèves représentent une usine sans transfert avec le sol, et 13% font référence à l'aspect technologique de la géothermie, ou représentent un schéma. En Dominique, 18% des élèves dessinent une simple usine et 16% représentent une Terre ou bien le phénomène de chaleur dans le sol. D'après cet histogramme, les représentations collectées dans les dessins d'élèves de Martinique font plutôt référence à l'aspect industriel, renouvelable et environnemental du concept. Celles de Guadeloupe font référence à l'aspect industriel et technologique du concept, et enfin, les conceptions décrites dans les dessins représentés par les élèves de Dominique font référence à l'aspect industriel et au phénomène de chaleur terrestre.

Ce traitement comporte selon nous une limite importante non négligeable. Les modalités de catégorisation des dessins sont exclusives et ne permettent pas une analyse complète. Effectivement, il a parfois été difficile de faire un choix quant à la catégorisation des dessins. Pour cette raison, un deuxième traitement a été réalisé.

Deuxième traitement de la question 4 :

Ce deuxième traitement prend en compte chaque élément dessiné par l'élève, selon la liste préétablie de 22 éléments identifiés (tableau 28, p. 107). Les histogrammes ci-dessous (figures 51 et 52) décrivent le détail des résultats obtenus en effectifs et en pourcentages.

L'histogramme des effectifs correspond au nombre d'élèves ayant dessiné l'élément. L'histogramme des pourcentages correspond au pourcentage d'élèves ayant dessiné l'élément sur la part d'élèves ayant réalisé un dessin dans l'île en question (soit 383 en Martinique, 333 en Guadeloupe et 210 en Dominique).

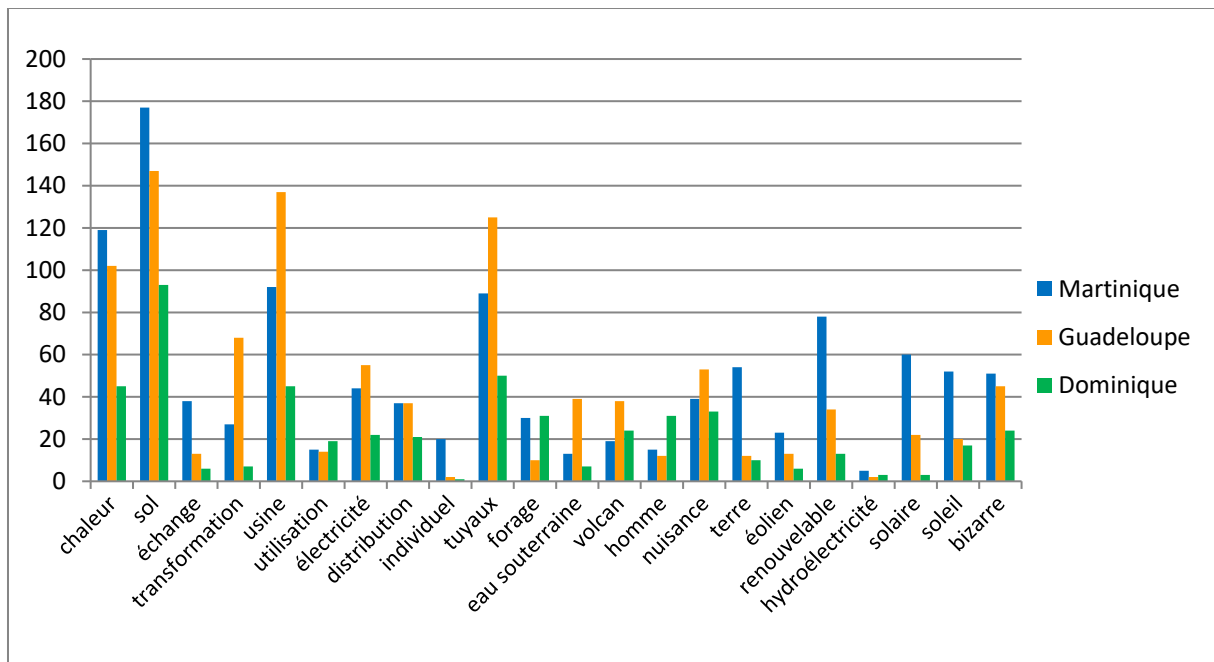


Figure 51 : Histogramme descriptif des éléments représentés par les élèves en effectifs, par île

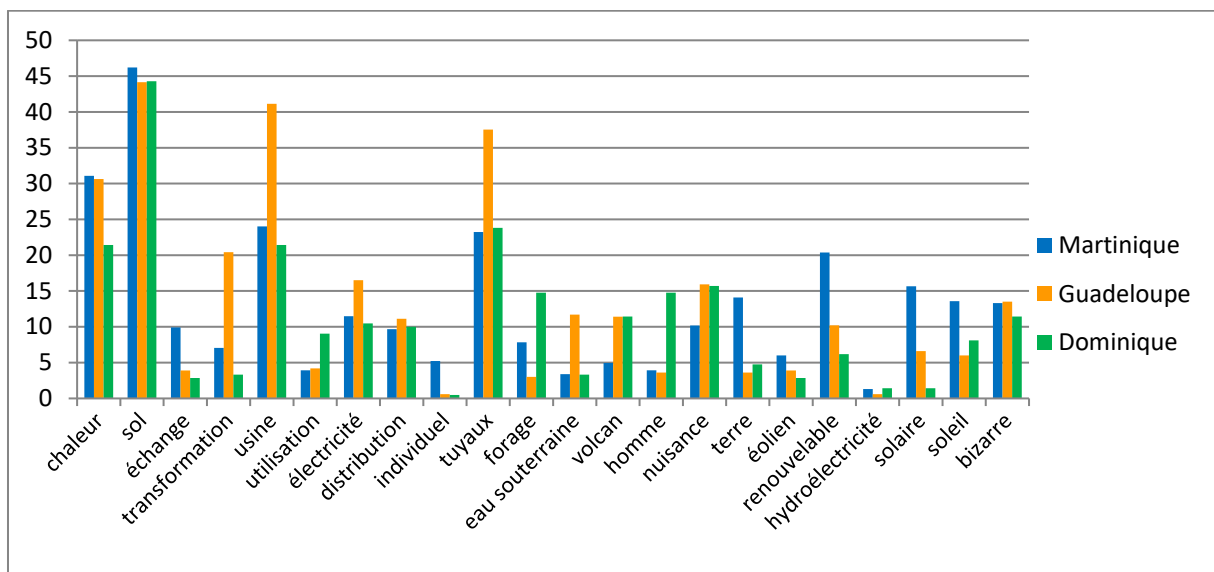


Figure 52 : Histogramme descriptif des éléments représentés par les élèves en pourcentages, par île

Au total, 383 élèves de Martinique ont réalisé un dessin sur les 481 interrogés (soit 80%). En Guadeloupe, 333 élèves ont réalisé un dessin, sur les 496 interrogés (soit 67%) et enfin en Dominique, 210 élèves sur les 372 interrogés ont répondu à la question (soit 56%). Il y a donc presque moitié moins de dessins récoltés pour la Dominique que pour la Martinique. De ce fait, la description des résultats se fait sur les analyses en pourcentages. L'historgramme (figure 52), reprend les résultats obtenus. Les éléments les plus représentés par les élèves des trois îles sont : le sol, la chaleur, les tuyaux, et l'usine. En dehors de ces quatre éléments, l'élément le plus représenté en Martinique est : les énergies renouvelables, en Guadeloupe : la transformation, et en Dominique : la nuisance.

Question 5 - Connais-tu des installations de production de géothermie ? Si oui lesquelles ?

Seulement 60% des élèves ont répondu à cette question (817 élèves sur 1 349). Parmi ces 60%, 430 élèves ont répondu « non » ou « je ne sais pas ». Seulement 387 élèves sur le total de 1 349, fournissent une réponse : 82 en Martinique, 202 en Guadeloupe et 103 en Dominique. L'histogramme (figure 53) illustre le pourcentage de réponse à chaque modalité parmi ceux ayant répondu à la question.

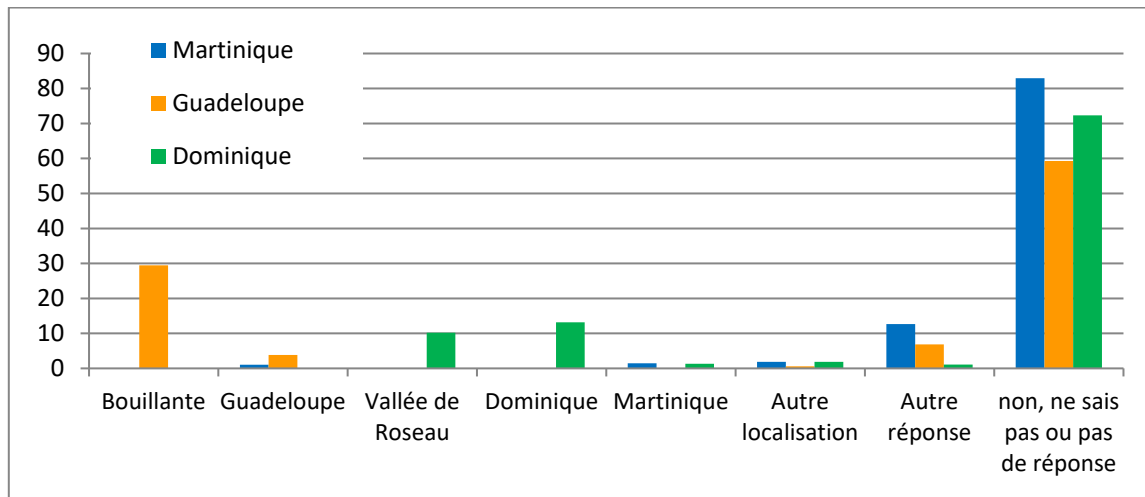


Figure 53 : Résultats des tris à plat de la question 5, en pourcentages

En Guadeloupe, environ 30% des réponses citent la centrale de Bouillante, et moins de 5% citent simplement la Guadeloupe. Les Dominicains citent à 12% leur île et à 10% une localisation dans la vallée de Roseau (Trafalgar, Woten Waven, ou encore Laudat). À ce jour, nous savons qu'il n'y a pas de production liée à la géothermie en Dominique. La photo (figure 54) illustre les installations actuellement présentes dans la vallée de Roseau.



Figure 54 : Photographie de l'installation géothermique dans la vallée de Roseau, photo prise le 11/03/2017

La photographie montre deux têtes de puits géothermiques, signifiant la présence de deux forages. D'après le panneau explicatif trouvé sur place (figure 55), il s'agit de forages de production réalisés entre juillet 2013 et avril 2014, par la société Islandaise ISOR, et financés par l'Agence Française de Développement (AFD), l'Union Européenne, et le gouvernement de Dominique. Ces forages ne sont néanmoins pas actifs.



Figure 55 : Photographie du panneau explicatif trouvé sur place, photo prise le 11/03/2017

Question 6 - As-tu déjà entendu parler de géothermie ?

Au total, 1 024 individus sur 1 349, soit 76% affirment avoir déjà entendu parler de géothermie. 232, soit 17% affirment n'avoir jamais entendu parler de géothermie. 65 soit 4,8% ne savent pas et 28 soit 2% n'ont pas répondu à cette question. Les résultats sont illustrés dans les figures 56 et 57.

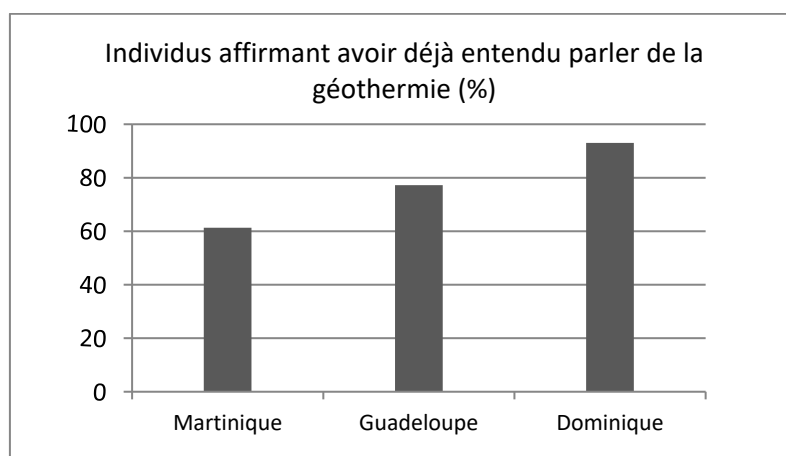


Figure 56 : Histogrammes des pourcentages de réponse à la question 6, par île

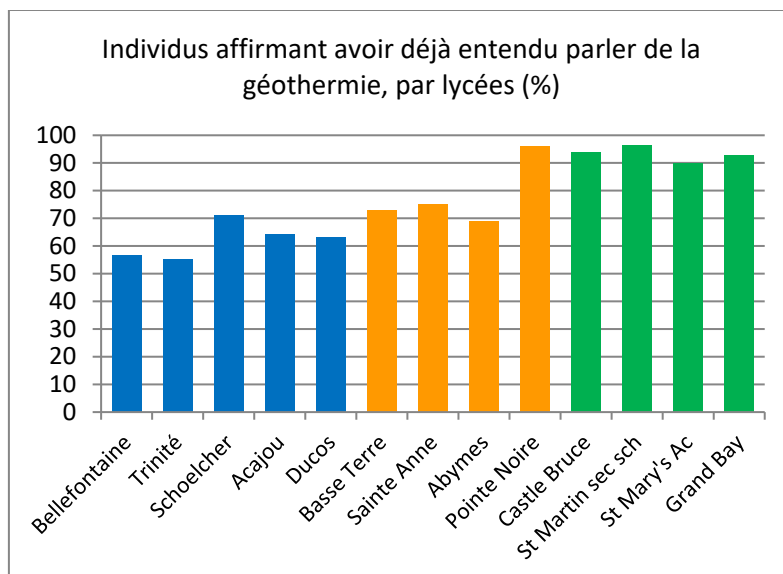


Figure 57 : Histogrammes des pourcentages de réponse à la question 6, par lycée

D'après les histogrammes ci-dessus, nous pouvons affirmer que les élèves de Dominique sont plus familiers avec la géothermie que ceux de Guadeloupe, qui y sont eux-mêmes plus familiers que ceux de Martinique. Effectivement, 93% des élèves de Dominique interrogés affirment avoir déjà entendu parler de géothermie, alors que seulement 77% en Guadeloupe et 61% en Martinique affirment en avoir déjà entendu parler. Cependant, le lycée de Pointe-Noire, proche de Bouillante, se détache des autres lycées de Guadeloupe : 96% des élèves de Pointe-Noire ont entendu parler de géothermie contre 70% à 75% pour les autres lycées de Guadeloupe.

Question 8a - En as-tu déjà entendu parler à l'école ?

Les figures 58 et 59 illustrent les réponses à la question 8a en pourcentages pour chaque île et pour chaque lycée.

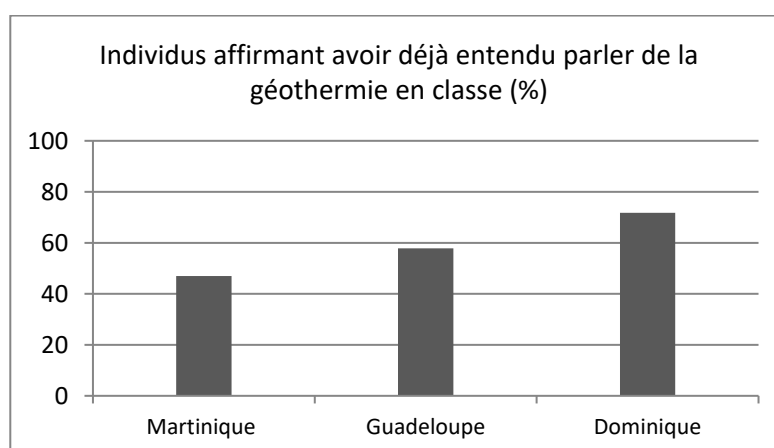


Figure 58 : Histogrammes des pourcentages de réponses à la question 8a, par île

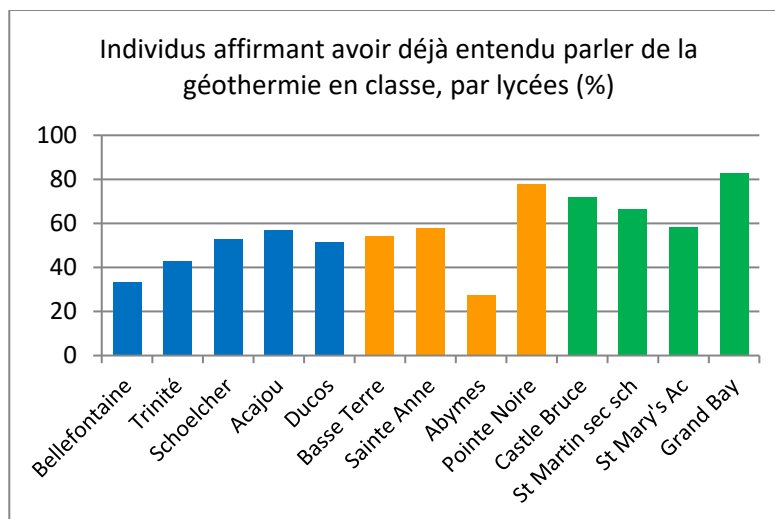


Figure 59 : Histogrammes des pourcentages de réponses à la question 8a, par lycée

D'après le graphique ci-dessus, nous pouvons affirmer qu'il y a plus d'élèves en Dominique ayant entendu parler de géothermie en classe, qu'en Guadeloupe et qu'en Martinique : 71% des élèves interrogés de Dominique affirment avoir déjà entendu parler de géothermie en classe, alors que seulement 57% en Guadeloupe et 47% en Martinique en ont déjà entendu parler en classe. Pour cette question aussi, le lycée de Pointe-Noire se distingue des autres lycées de Guadeloupe avec 78% d'élèves ayant entendu parler de géothermie en classe contre 54%, 57%, et 27%, pour Basse-Terre, Sainte-Anne et les Abymes.

Question 8b - Si oui, dans quel cadre ?

La figure 60 expose les pourcentages de réponse à la question 8b pour chaque modalité.

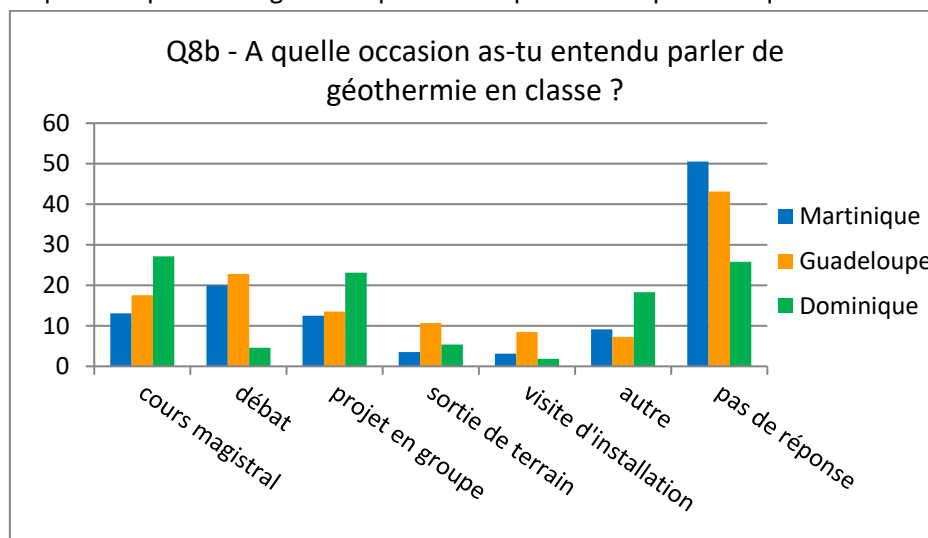


Figure 60 : Histogramme des pourcentages de réponses à la question 8b, par île

Cette question fermée à choix multiples laissait la possibilité à l'élève de choisir une ou plusieurs réponses parmi celles proposées. Comme l'illustre le graphique, en Martinique, les élèves qui ont abordé le sujet de la géothermie en classe l'ont fait majoritairement par des débats (20%), un cours magistral (13%) ou un projet en groupe (12%). Les modalités « visite d'installation » et « sortie de

terrain » sont le plus fréquemment choisies par les élèves de Guadeloupe (9% et 11%). Enfin, les élèves de Dominique affirment avoir abordé ce sujet surtout lors de cours magistraux et de projets en groupe (28% et 22%).

Question 8c - En quelle classe étais-tu ?

La figure 61 présente les pourcentages réponses pour chaque modalité, pour les trois îles.

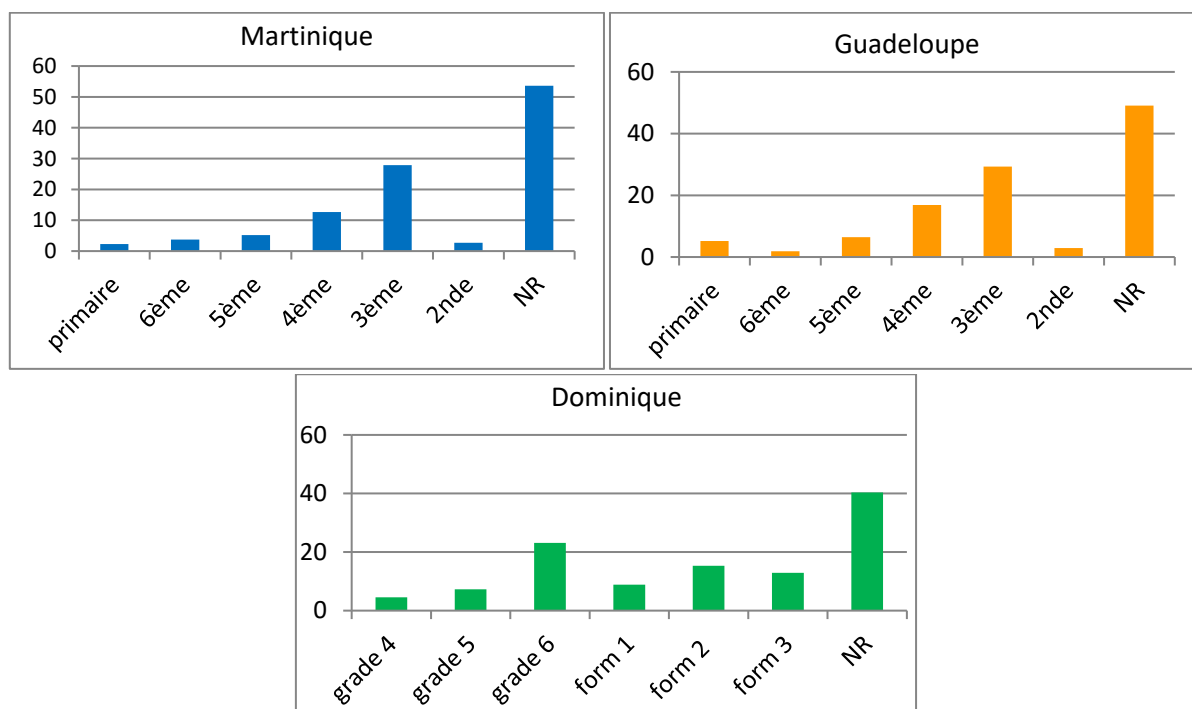


Figure 61 : Histogrammes représentant les réponses à la question 8c en pourcentages, par île.

Pour la Guadeloupe et la Martinique, les résultats sont très proches. Le pourcentage d'élèves déclarant avoir parlé de géothermie en classe augmente avec les niveaux. Au total, 54% des élèves de Martinique ont répondu à la question, et 63% pour la Guadeloupe. Si nous prenons en considération le fait que certains élèves n'ont pas répondu car ils ne se souviennent pas de la classe dans laquelle ils étaient à ce moment-là, ces résultats sont très cohérents avec les résultats de la question 8a. En Dominique, 72% des élèves ont répondu à la question, ce chiffre est très proche des 71% d'élève déclarant avoir parlé de géothermie à l'école (question 8a, figure 58, p. 135). La majorité des élèves ayant répondu (23%) déclarent avoir entendu parler de géothermie en grade 6 (ce qui correspond en France à la classe de cinquième).

Question 8d - Qu'avais-tu appris à cette occasion ?

Les figures 62 et 63 présentent les histogrammes des réponses à la question 8b en pourcentage par île et par lycée.

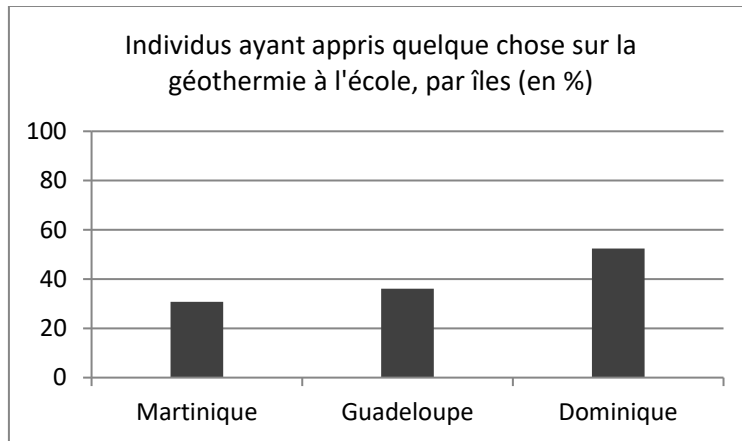


Figure 62 : Histogramme des réponses à la question 8d par île

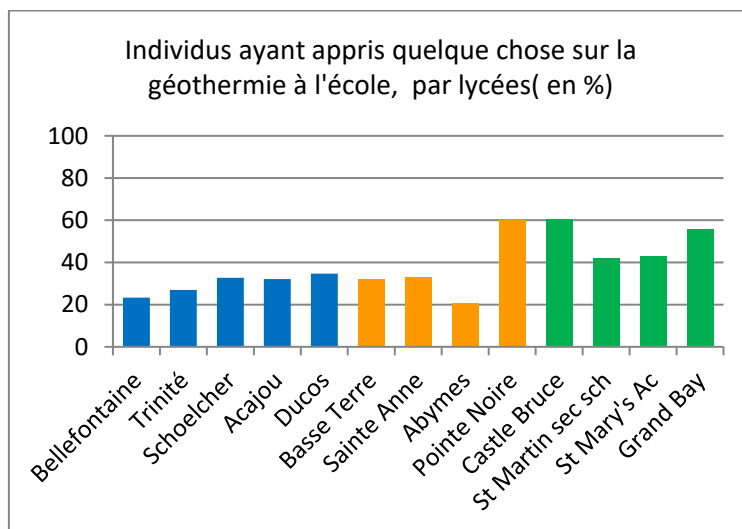


Figure 63 : Histogramme des réponses à la question 8d par lycée

En Dominique, 52% des élèves interrogés affirment avoir appris quelque chose sur la géothermie en classe, contre seulement 36% pour la Guadeloupe et 30% pour la Martinique. Encore une fois, en Guadeloupe, le lycée de Pointe-Noire se distingue tout particulièrement avec 60% d'élèves déclarant avoir appris quelque chose pour seulement 25% en moyenne pour les autres lycées de Guadeloupe

Question 9a - Es-tu plutôt favorable ou défavorable au développement de la géothermie ?

L'historgramme de la figure 64 montre les résultats obtenus à la question 9, sur l'opinion les élèves vis-à-vis du développement de la géothermie.

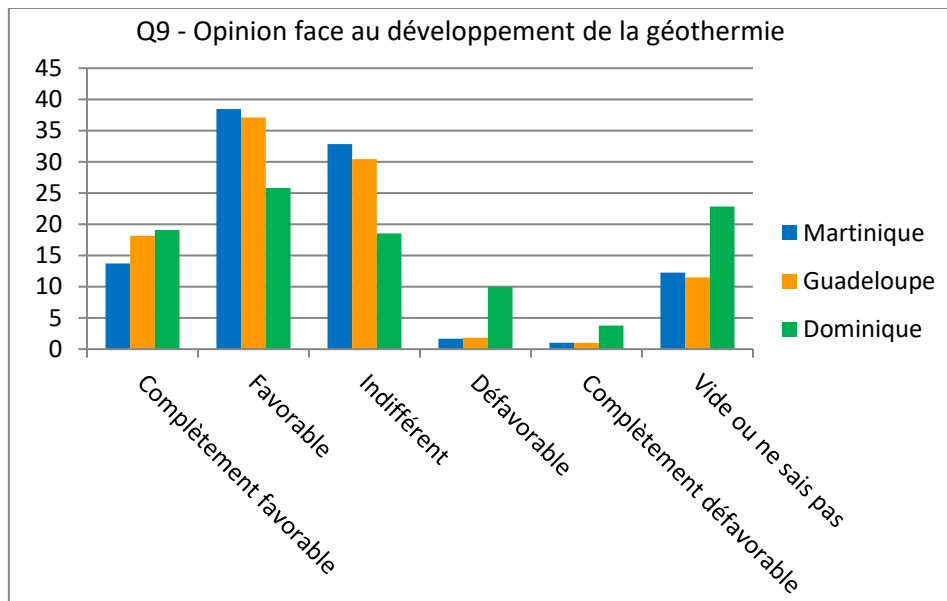


Figure 64 : Histogramme des pourcentages de réponses à la question 9, par île

À la lecture de l’histogramme, on constate que les opinions en Dominique sont un peu plus tranchées que dans les autres îles. Effectivement, la Dominique domine sur l’opinion « Complètement favorable » et « Complètement défavorable ». Elle domine également sur l’opinion « Défavorable ». En revanche, la Guadeloupe et la Martinique dominent sur les opinions « Favorable » et « Indifférent ». Ce sont d’ailleurs les réponses les plus courantes pour ces deux îles (37% et 33% pour la Martinique et 38% et 30% pour la Guadeloupe). Les résultats sont très homogènes pour ces deux îles aussi bien dans la faveur que dans la défaveur, ils sont extrêmement faibles pour les modalités défavorables et complètement défavorables (en moyenne 6% pour chaque île et chaque modalité). La répartition des effectifs entre les lycées de Guadeloupe montre une certaine homogénéité sauf pour le lycée de Pointe-Noire qui se distingue des autres lycées avec 27% d’élèves complètement favorables au développement de la géothermie contre en moyenne 16% pour les autres lycées.

Q9b - Pour quelle(s) raison(s) ?

Les figures 65 et 66 illustrent les pourcentages de réponses à la question 9b pour chaque modalité, par île et pour les lycées de Guadeloupe.

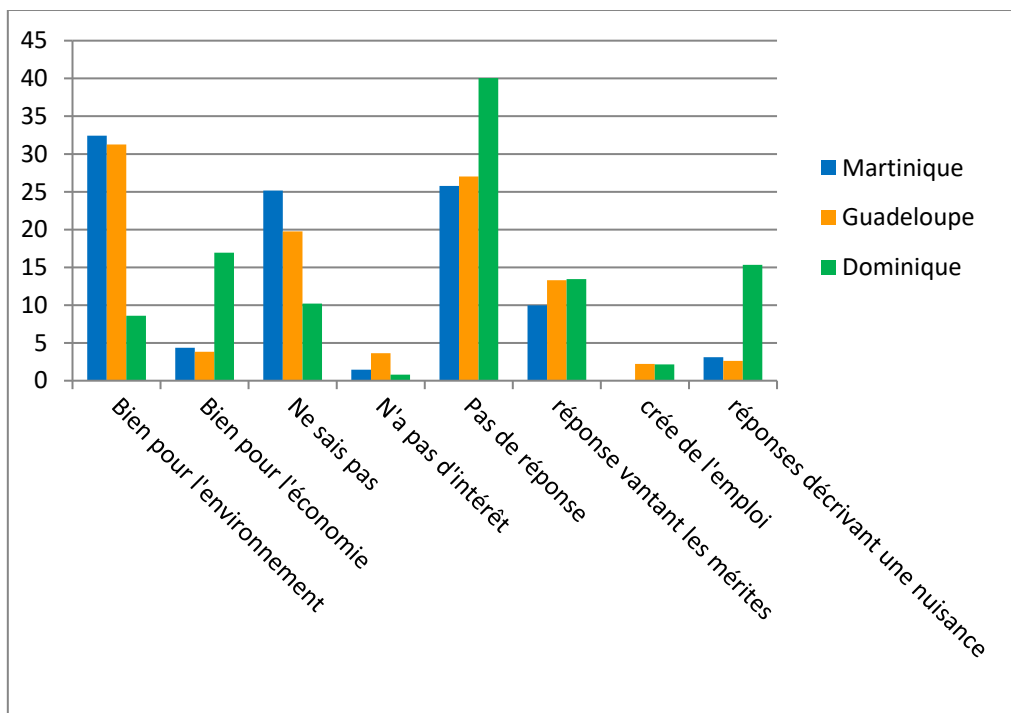


Figure 65 : Histogramme des pourcentages de réponses à la question 9, par île

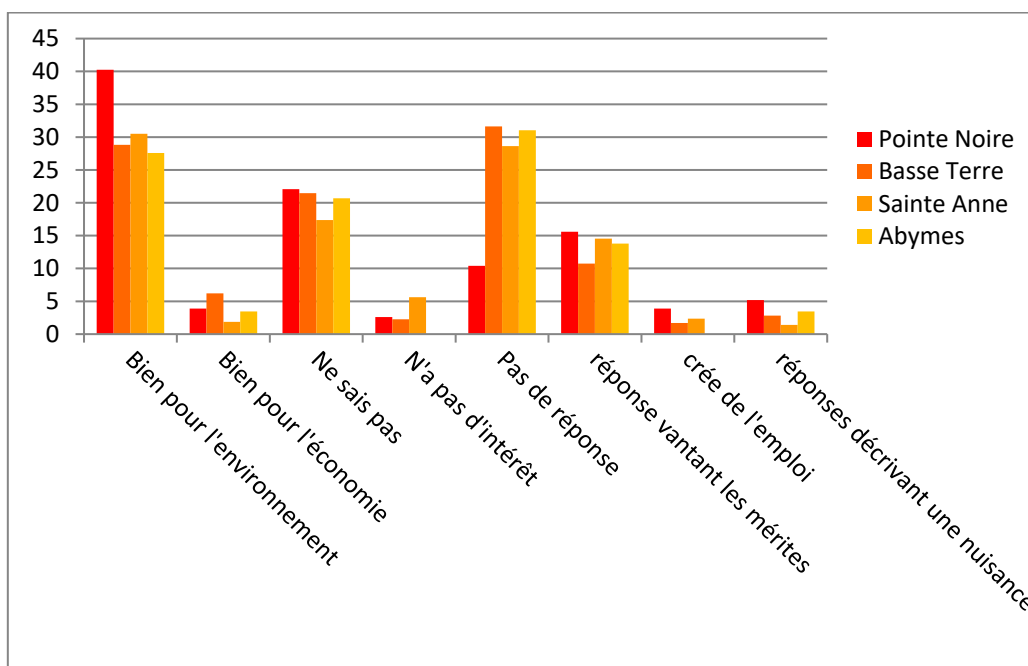


Figure 66 : Histogramme des pourcentages de réponse à la question 9, détaillé pour les lycées de Guadeloupe

Les raisons pour lesquelles les élèves affirment être favorables ou défavorables à la géothermie sont très homogènes. En Guadeloupe et en Martinique, ils justifient une opinion favorable par le fait que la géothermie soit une énergie renouvelable à adopter comparativement aux énergies non renouvelables. La Dominique se distingue, les élèves justifient leur opinion favorable plutôt pour des raisons économiques (création d'emplois, richesse du territoire, source d'économie). Il y a, par ailleurs, un taux tout autant important d'élèves qui justifient une opinion défavorable en Dominique

en exprimant une nuisance (pollution, risque pour le sous-sol, préservation de l'environnement), alors que celle-ci ressort très peu pour les deux autres îles.

En ce qui concerne les lycées de Guadeloupe, celui Pointe-Noire se distingue spécifiquement avec un taux important de réponses en lien avec l'environnement (40%) et très peu de non réponse.

Q 10 - Est-ce que tu penses être assez informé sur le sujet ?

La figure 67 présente les pourcentages de réponse à question 10 pour chaque modalité par île.

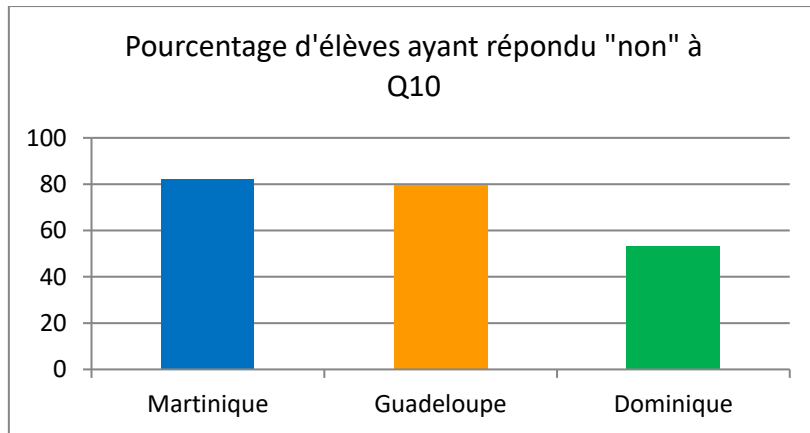


Figure 67 : Histogramme de réponses « non » à la question 10 en pourcentages par îles

La majorité des élèves ne s'estime pas assez informée sur le sujet de la géothermie. En Martinique, ils sont 82% à l'exprimer, 79% en Guadeloupe et 53% en Dominique. En Guadeloupe et en Martinique, il y a plus d'élèves qui déclarent ne pas être suffisamment informés, comparativement à la Dominique. Il est intéressant de constater que ces résultats sont en adéquation avec la question 1, concernant les connaissances sur la géothermie, où 63% des élèves de Dominique donnaient une réponse attendue pour respectivement 35% et 34% en la Guadeloupe et en Martinique.

Q11a - Est-ce que tu aimerais en parler plus souvent ?

La figure 68 illustre les pourcentages de réponses à la question 11a pour chaque modalité, par île.

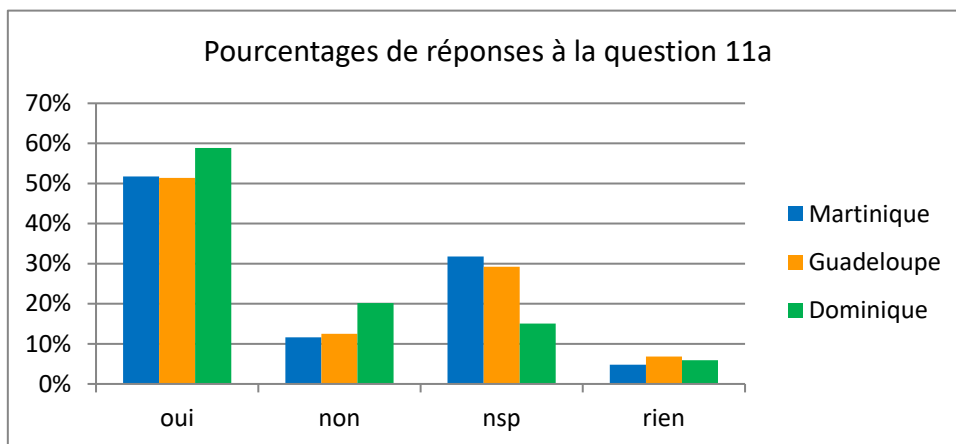


Figure 68 : Histogramme des réponses à la question 11, en pourcentage par île

La majorité des élèves affirment vouloir parler plus souvent de la géothermie. La géothermie semble les préoccuper (52% pour la Martinique, 51% pour la Guadeloupe et 59% pour la Dominique).

Q11b - Avec qui ?

La figure 69 illustre les pourcentages de réponses à la question 11a pour chaque modalité, par île.

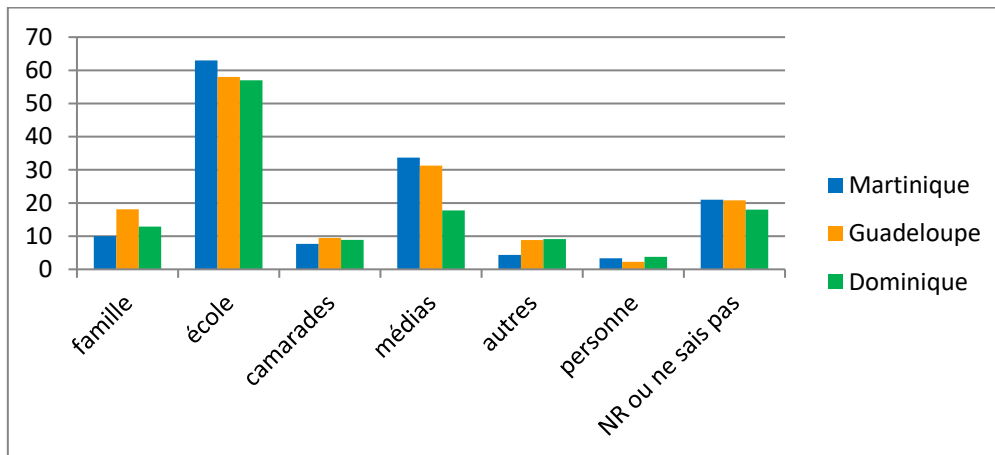


Figure 69 : Histogrammes des réponses à la question 11b, par île, en pourcentages

Pour cette question, les réponses sont assez homogènes en fonction de l'île interrogée. L'endroit dans lequel les élèves déclarent préférer parler de géothermie est l'école (59%).

Les principales idées qui ressortent du traitement à plat des questionnaires sont de différentes natures. Tout d'abord, concernant l'opinion, il est notable que l'île de la Dominique se distingue singulièrement des autres îles. Les élèves sont moins convaincus des atouts environnementaux de la géothermie, et sont plus nombreux à la considérer comme une nuisance. Par ailleurs, parmi les avis favorables à son développement, les intérêts mis en avant sont ceux relatifs au développement économique de l'île. En revanche, les élèves de Guadeloupe et de Martinique ont des opinions relativement homogènes et favorables sur le sujet, et vantent surtout les intérêts environnementaux de cette énergie. En ce qui concerne les connaissances relatives à la géothermie, la Martinique se distingue singulièrement, avec des connaissances plutôt relatives au phénomène naturel et à l'environnement, les connaissances sont également moins précises. En revanche, la Guadeloupe et la Dominique se rapprochent sur ce sujet avec des conceptions plutôt orientées vers l'aspect industriel. Enfin, sur le plan relatif à l'expérience scolaire, les élèves affirment plus souvent avoir abordé le sujet de la géothermie en Dominique, et moins souvent en Martinique.

Les conceptions des élèves du lycée de Pointe-Noire se distinguent singulièrement des conceptions des élèves des autres lycées de Guadeloupe. Les connaissances sont très précises (la géothermie comme source d'énergie provenant de la chaleur interne de la Terre) et à la fois très contextuelles (production d'électricité évoqué à 70% pour la deuxième question contre une moyenne de 20% pour les autres lycées de Guadeloupe, et les dessins sont en grande majorité à orientation industrielle). Enfin, plus d'élèves ont des avis favorables au développement de la géothermie que dans les autres établissements et îles.

2.4.2. Analyses inférentielles

Les analyses inférentielles sont des analyses qui s'opèrent sur un échantillon aléatoire de données d'une population, afin de décrire cette dernière.

2.4.2.1. Analyse One Way Anova

Une analyse Anova (One Way Anova) a été réalisée sur le deuxième traitement de la question 1. Cette analyse permet d'étudier la significativité des différences dans les réponses selon les trois îles (donc trois groupes d'individus indépendants) et sur des données codées de manière binaire (1 ou 0). L'analyse Anova a été réalisée avec le logiciel SPSS, et montre qu'il y a des différences significatives entre les réponses (présence ou non du mot), en fonction des îles, pour certains mots. Ces mots sont présentés ci-dessous ainsi que l'explication des valeurs²³. L'annexe 6, p. 355, illustre les tableaux détaillés de l'analyse.

- « volcan » ($F(2,1346)=3,013$ et $p=0,049$) ;
- « lumière » ($F(2,1346)=23,910$ et $p=0$) ;
- « eau » ($F(2,1346)=22,125$ et $p=0$) ;
- « chaleur » ($F(2,1346)=18,126$ et $p=0$).

Avec :

$F(d1, d2)$: rapport de la somme des carrés moyens inter et intra-groupes ;

$d1$: premier degré de liberté calculé à partir du nombre de groupes moins 1 ($3 - 1 = 2$) ;

$d2$: deuxième degré de liberté calculé à partir du nombre de sujets moins le nombre de groupes ($1349 - 3 = 1346$) ;

p : indique si le test est significatif ou non. Le seuil de signification est fixé à $p < 0,05$; Seuls les mots pour lesquels $p < 0,05$ sont cités de manière significativement différente entre les groupes.

Selon le test Anova, la référence à ces quatre mots est significativement différente en fonction de l'île à laquelle appartient l'élève ayant répondu à la question. Cependant, ce test ne nous permet pas de savoir quelles sont les îles (parmi la Guadeloupe, la Martinique et la Dominique) qui sont significativement différentes. Afin de connaître la valeur exacte de la différence en fonction de l'île, deux tests post-hoc ont été réalisés : un test LSD (Least significant difference) qui est assez généreux, puis un test de Tukey, plus sévère et donc plus certain.

Selon le test post-hoc LSD une différence significative existe entre les îles, pour les mots « volcan », « lumière », « eau » et « chaleur ». Les élèves de Guadeloupe citent significativement plus le mot volcan que ceux de Martinique et de Dominique (de plus 3% pour la Martinique et de plus 2% pour la Dominique). Les élèves de Dominique citent significativement plus le mot « lumière » que les élèves de Guadeloupe et de Martinique (5% de moins pour ces deux îles). Les élèves de Martinique citent significativement moins le mot « eau » que les élèves de Guadeloupe (plus 9%) et de Dominique (plus 6%), et enfin, les élèves de Dominique citent significativement plus le mot chaleur que ceux de Martinique (16%) et de Guadeloupe (17%).

²³ Cf. <http://spss.espaceweb.usherbrooke.ca/pages/stat-inferentielles/analyse-de-variance/interpretation.php> (consulté le 25/06/2018)

Ces valeurs sont les mêmes pour le test de Tukey. En revanche, selon ce test plus sévère, l'écart n'est pas suffisamment important pour la variable « volcan », le test ne considère donc pas de différence significative entre les trois groupes pour la référence à ce mot. La figure 70 illustre ces propos.

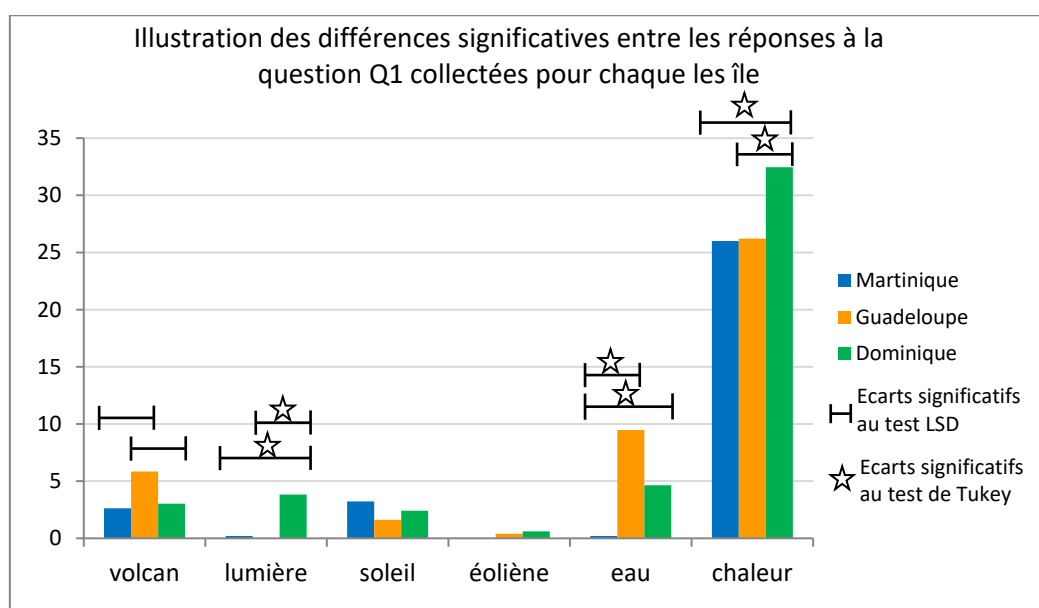


Figure 70 : Histogramme illustrant l'analyse Anova, avec le test LSD et le test de Tukey sur le deuxième traitement de la question 1

Grâce à cette analyse, il est possible de comparer les hypothèses émises initialement sur les références aux mots étudiés avec les réponses effectives des élèves (tableau 51).

Tableau 51: Comparaison des résultats avec les hypothèses relatives au traitement 2 de la question 1

Hypothèse initiale	Résultat	Conclusion
Les élèves de Guadeloupe et de Dominique citeront plus le mot volcan que ceux de Martinique.	Les élèves de Guadeloupe citent significativement plus le mot volcan que ceux de Martinique et de Dominique, mais uniquement selon le test LSD	Hypothèse partiellement vérifiée.
Les élèves de Dominique citeront plus le mot lumière que ceux de Martinique et de Guadeloupe.	Les élèves de Dominique citent significativement plus le mot lumière que ceux de Martinique et de Guadeloupe.	Hypothèse vérifiée.
Les élèves de Martinique citeront plus le mot soleil que ceux de Dominique et de Guadeloupe.	Les élèves de Martinique citent plus le mot soleil que ceux de Dominique et de Guadeloupe, mais la différence n'est pas significative.	Hypothèse vérifiée, mais pas de manière significative.
Les élèves de Martinique citeront plus le mot éolienne que ceux de Dominique et de Guadeloupe.	Il n'y a pas de différence significative pour ce mot.	Hypothèse non vérifiée.
Les élèves de Dominique citeront plus le mot eau que ceux de Martinique et de Guadeloupe.	Les élèves de Guadeloupe et de Dominique citent significativement plus le mot eau que ceux de Martinique.	Hypothèse partiellement vérifiée.
Les élèves de Guadeloupe et de Dominique citeront plus le mot chaleur que ceux de Martinique.	Les élèves de Dominique citent significativement plus le mot chaleur que ceux de Martinique et de Guadeloupe.	Hypothèse partiellement vérifiée.

2.4.2.2. *Khi² et tris croisés.*

Des analyses χ^2 ont été réalisées sur les questions Q1, Q4, Q5, Q6, Q8a, Q8d, Q9a, Q10 et Q11a grâce au logiciel Statistica. Les tris croisés permettent de comparer la répartition des réponses d'une question par rapport à une autre question, et de valider ou infirmer l'hypothèse selon laquelle la répartition des réponses aux deux questions est dépendante. Tout comme pour l'ANOVA, les analyses de χ^2 fournissent une valeur « p ». Si le « p » est inférieur à 5% (0,05), alors il est possible d'affirmer avec moins de 5% de chances de se tromper que les variables, ou que les questions sont dépendantes l'une de l'autre. En d'autres termes, la répartition des réponses entre les deux questions n'est pas aléatoire. Par ailleurs, afin que ce test soit fiable, 75% des fréquences théoriques calculées du tableau croisé doivent être supérieures ou égales à 5.

Le tableau 52 présente un récapitulatif de ces analyses. Pour les cases où la valeur du « p » est fournie, il est possible d'affirmer avec moins de 5% de chances de se tromper que les variables sont dépendantes. L'hypothèse d'indépendance est rejetée, il y a un lien entre les deux variables.

Tableau 52 : Synthèse des résultats obtenus par le χ^2

	Iles	Lycées	Q1	Q4	Q5	Q6	Q8a	Q8d	Q9a	Q10
Iles										
Lycées	$p \approx 0$									
Q1	$p \approx 0$	-								
Q4	$p \approx 0$	-	-							
Q5	$p \approx 0$	-	-	-						
Q6	$p \approx 0$	-	-	-	-					
Q8a	$p \approx 0$	$p \approx 0$	$p \approx 0$	$p \approx 0$	-	$p \approx 0$				
Q8d	$p \approx 0$	$p \approx 0$	$p \approx 0$	$p \approx 0$	$p \approx 0$	-	$p \approx 0$			
Q9a	$p \approx 0$	-	$p \approx 0$	-	-	-	$p \approx 0$	$p \approx 0$		
Q10	$p \approx 0$	$p \approx 0$	$p \approx 0,000001$	-	-	-	$p \approx 0$	$p \approx 0$	-	
Q11a	$p \approx 0$	$p \approx 0,000002$	$p \approx 0,002447$	-	-	-	$p \approx 0$	$p \approx 0$	$p \approx 0$	-
Opinion intérêt, connaissances, expérience scolaire										

Comme indiqué dans le tableau 7 récapitulant les questions soumises aux élèves, trois types de questions ont été posés : les questions de connaissance, les questions relatives à l'expérience scolaire, et les questions d'opinion et d'intérêt. Une couleur a été attribuée à chaque type de question. Les tableaux des tris croisés et des χ^2 sont détaillés en annexe 7, p. 359 à 383.

Selon le tableau 52 il y a des différences très significatives entre les réponses à chacune des questions en fonction de l'île dans laquelle l'élève se situe. L'expérience scolaire est fortement corrélée aux connaissances et à l'opinion. Effectivement, la quasi-totalité des cases correspondantes aux questions de l'expérience scolaire (bleu) disposent d'un « p » inférieur à 0,05. Il n'est pas possible d'affirmer qu'il existe une corrélation entre les questions de connaissances et les questions d'opinion, sauf pour la question 1, qui est corrélée avec les questions relatives aux connaissances et à l'opinion. En ce qui concerne les lycées, il y a une différence significative entre l'appartenance à un lycée spécifique et le fait d'avoir entendu parler de géothermie en milieu scolaire. Les tableaux croisés des effectifs observés moins les effectifs théoriques sont détaillés en annexes 7, p. 359 à 383.

2.4.3. Analyse d'interdépendance

2.4.3.1. Analyse de cohérence interne

Une analyse de cohérence interne a été effectuée sur les 17 questions relatives à la question 3 (tableau 53), avec le logiciel SPSS. Afin que cette analyse soit cohérente, une homogénéisation a été faite, et le codage des questions faisant référence à la géothermie comme quelque chose de nuisible a été inversé. De cette manière, une échelle à plusieurs items est créée et le score attribué à chaque question pour chaque individu est normalisé (tableau 54). Les réponses « je ne sais pas » et les non réponses n'ont pas été prises en compte.

Tableau 53 : Rappel des 17 questions relatives à la question 3

La géothermie...	
A	Est une technique bien maîtrisée
B	Nécessite d'être développée
C	Est une énergie propre
D	Est une énergie disponible en permanence
E	Est un atout économique à l'exportation
F	Contribue à l'indépendance énergétique
G	Contribue au développement durable
H	Contribue à la protection de l'environnement
I	Génère de l'emploi
J	Génère de nouvelles activités type écotourisme
K	Fait baisser la facture d'électricité
L	Nuit à l'environnement
M	Nuit à la biodiversité
N	Nuit à la santé humaine
O	Présente un risque pour le sous-sol
P	Nuit à l'activité touristique
Q	Est rentable

Tableau 54 : Modalités de traitement établies pour l'analyse

Modalité de traitement	Question A à K et Q	Question L à P
Complètement d'accord	1	4
D'accord	2	3
Pas vraiment d'accord	3	2
Pas du tout d'accord	4	1

La première étape de l'analyse consiste à déterminer le coefficient alpha de Cronbach, afin de mesurer la cohérence interne dans la répartition des réponses. Pour que la cohérence interne soit vérifiée, le minimum requis pour ce coefficient selon la littérature est de 0,7 (Cronbach, 1951; Peterson, 1994). Dans notre cas, l'alpha calculé initialement est de 0,649. La valeur du coefficient n'est pas assez importante pour permettre d'affirmer que les items permettent de mesurer un même construit. Il est alors possible de réorganiser les items en fonction du tableau de statistique total des items. Ce tableau nous informe de l'état de l'analyse en cas de suppression d'un des éléments. Ici la suppression de l'item « K » nous permet d'avoir un alpha plus important (annexe 8, p. 385). L'item K a alors été retiré du traitement et l'alpha recalculé. Sa valeur a alors atteint de taux de 0,708, ce qui signifie qu'il y a une cohérence interne satisfaisante entre les questions lorsque l'item K est retiré. Une nouvelle variable a alors été créée. Cette variable est une moyenne des items de l'échelle (ceux

pris en compte après réorganisation), donnant lieu, dans notre cas, à un score (sur une échelle allant de 1 à 4) de la perception négative qu'a l'individu, 1 étant une perception positive, et 4 une perception négative. Nous rappelons que les « je ne sais pas » et non réponses n'ont pas été pris en compte.

Une analyse ANOVA a ensuite été réalisée sur cette nouvelle variable afin de mesurer la significativité de la différence entre les réponses des trois îles par rapport à la perception vis-à-vis de la géothermie. Cette analyse montre une différence significative entre les trois zones géographiques ($F(2, 1282) = 31,233$ et $p = 0$). Le test post-hoc de Tukey permet d'affirmer que la Dominique a une opinion significativement plus négative que la Guadeloupe et la Martinique de la géothermie (de 19% pour la Guadeloupe et de 23% pour la Martinique). Les tableaux illustrant les résultats de l'analyse sont disponibles en annexe 8, p. 385.

La même analyse a été effectuée sur les opinions des différents lycées. Selon cette analyse, les réponses des élèves de Castle Bruce Secondary School et St. Martin Secondary School (deux établissements de Dominique), sont significativement différentes des réponses dans les lycées de Guadeloupe et de Martinique, où les opinions sont significativement plus négatives. Par ailleurs les deux autres établissements de Dominique (St. Mary's Academy et Grand Bay Secondary School) sont les deux seuls lycées qui ne sont significativement différents d'aucun autre lycée. Selon les résultats illustrés par l'histogramme (figure 71), trois paliers de perception négative sont identifiés

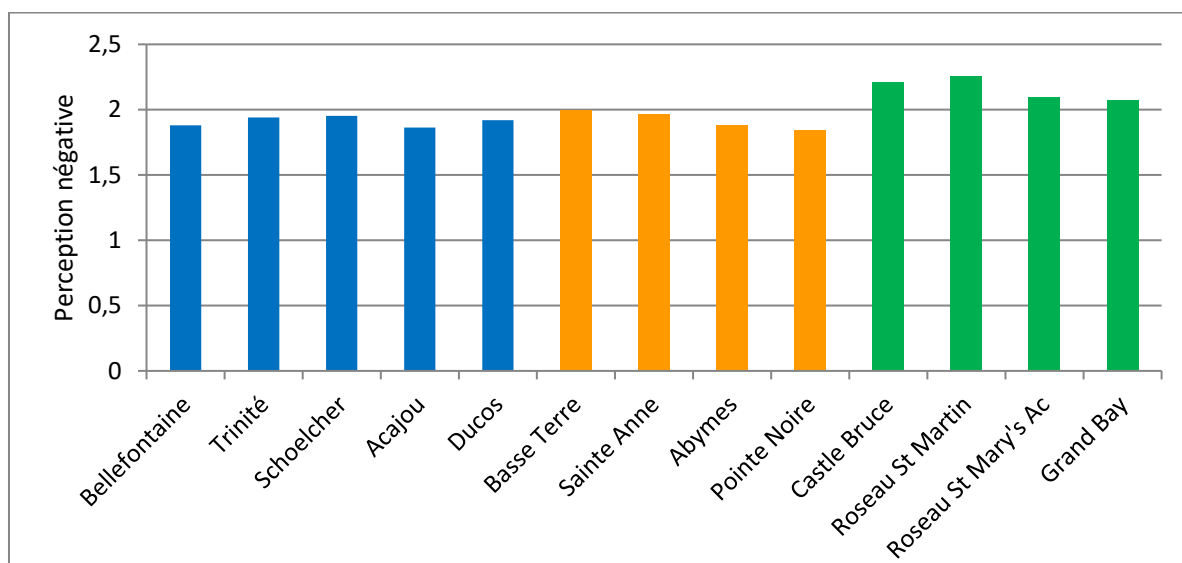


Figure 71 : Histogramme représentant la moyenne, par établissement, de l'opinion de la géothermie, selon les différentes affirmations de la question 3. Une moyenne proche de 0 est une opinion positive, une moyenne proche de 4 est une opinion négative

Le premier palier comporte les établissements de Guadeloupe et de Martinique qui ne présentent pas de différences significatives entre eux. Le second palier comporte les établissements de Dominique (Grand Bay secondary school et St. Mary's Academy), qui ont des perceptions plus négatives de la géothermie que les établissements de Guadeloupe et de Martinique. Enfin, le troisième palier regroupe les établissements de Castle Bruce et de St. Martin qui ont des représentations significativement différentes (plus négatives) que les lycées de Guadeloupe et de

Martinique. Le tableau illustrant les résultats de l'ANOVA et du test de Tukey est disponible en annexe 8, p. 385.

2.4.3.2. Analyses en Correspondances Multiples (ACM)

De la même manière que pour les analyses de tris croisés, des analyses en correspondances multiples ont été effectuées sur les questions pour lesquelles les modalités de réponses sont exclusives, avec le logiciel Statistica. Ces analyses permettent de visualiser sur un graphique la répartition des modalités de plusieurs variables. Les modalités proches correspondent à des modalités fortement corrélées (Lebart, Morineau et Piron, 1995). La répartition des variables peut former des zones de regroupement pouvant structurer des profils de réponse. Nous cherchons à comprendre, via cette analyse, la manière dont s'organisent les idées et conceptions en fonction des lycées et zones géographiques.

ACM n° 1 : question 4 (premier traitement) la variable lycée

Une première analyse des correspondances multiples entre les variables « lycée » et celles correspondant aux modalités du premier traitement de la question 4 « dessine une exploitation géothermique » a été réalisée (figure 72).

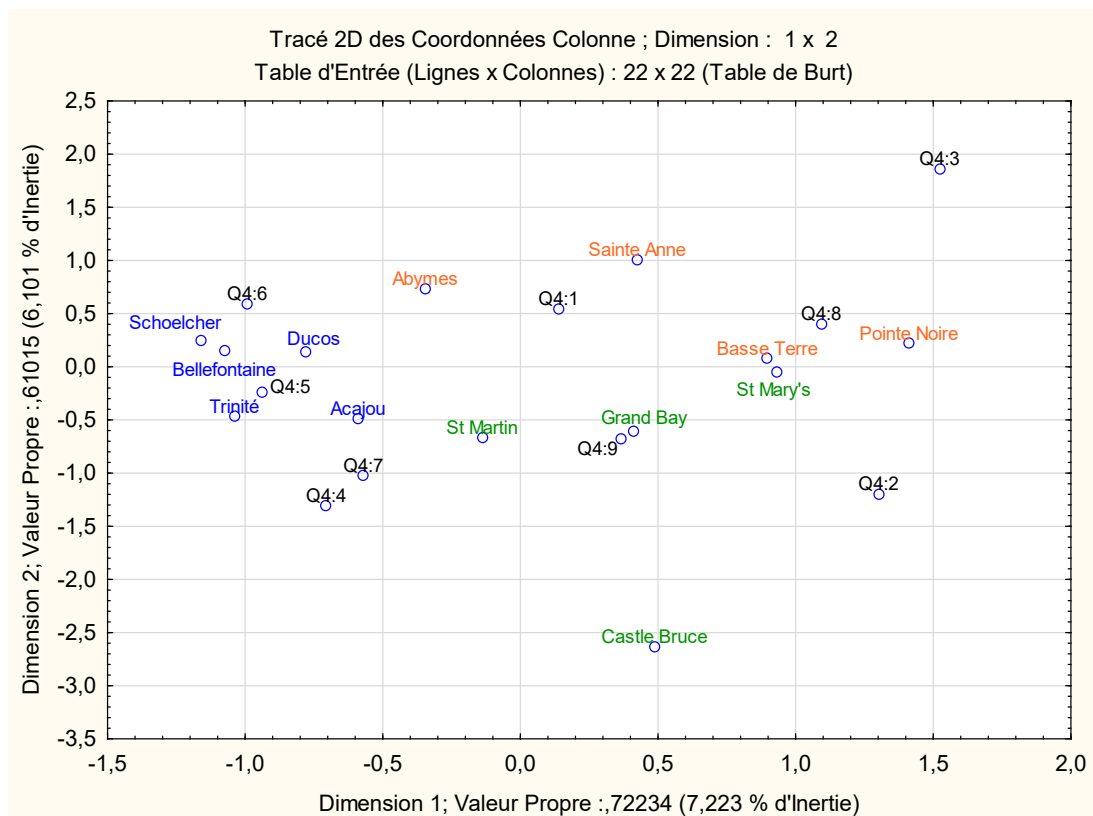


Figure 72 : Représentation de l'ACM entre les variables « lycée » et les modalités du premier traitement de « Q4 »

L'ACM montre des regroupements de lycées, selon les axes D1 (abscisse) et D2 (ordonnée). Deux oppositions ont été constatées. Le tableau 55 présente la signification des points ayant le plus d'inertie sur chacun des axes ainsi que leur coordonnée sur l'axe en question. L'axe D1 oppose l'aspect environnemental (phénomène de chaleur et énergies renouvelables) à l'aspect industriel (dessins d'usines) et l'axe D2 oppose l'aspect industriel et le volcanisme (dessins d'usines reliées à un volcan) à l'aspect utilitaire de la ressource (dessins de maison avec utilisation d'énergie).

Tableau 55 : Description des points ayant une importante inertie sur chaque dimension

Dimensions	Négatif	Coordonnées	Inertie	Positif	Coordonnées	Inertie
1	Q4 : 5	-0,94	0,11	Q4 : 2	1,3	0,12
	Q4 :6	-0,99	0,10	Lycée 2	1,5	0,10
	Phénomènes de chaleur, nature ou énergies renouvelables			Dessins d'usine, aspect industriel Lycée de Trinité		
2	Lycée 10	-2,24	0,13	Lycée 7	1,0	0,13
	Q4 :2	-1,20	0,12	Q4 : 3	1,8	0,13
	Q4 : 4	-1,31	0,07			
	Lycée de Castle Bruce Dessins d'usine (sans volcan) et dessins d'installations individuelles			Lycée de Sainte-Anne Dessins de volcan relié à une usine		

Les lycées de Martinique sont tous très proches les uns des autres, proches de la coordonnée zéro sur l'axe D2 et dans des coordonnées négatives sur l'axe D1. Les élèves de Martinique se représentent la géothermie comme un phénomène naturel ou comme étant une énergie renouvelable. Leurs conceptions de la géothermie se font autour de l'aspect environnemental. Les lycées de Guadeloupe sont plus dispersés. Les Lycées de Basse-Terre et de Pointe-Noire sont situés à l'extrême droite de l'axe D1 et proche du zéro sur l'axe D2, tout comme l'école secondaire de St. Mary's de Dominique (école de garçons). Les élèves de Pointe-Noire sont ceux qui ont une représentation de la géothermie la plus tournée vers aspect industriel, suivi de près par ceux de St. Mary's et ceux de Basse-Terre. En revanche, leur représentation se situe à une position neutre sur l'axe D2. Les élèves du lycée de Sainte-Anne ont une position assez centrale, en étant légèrement tournés vers l'aspect industriel/volcanisme, tout comme ceux du lycée des Aymes dont les représentations sont un peu plus tournées vers l'environnement ou le phénomène de chaleur. Pour ce qui est de la Dominique, l'école secondaire de Grand Bay a une position très centrale malgré un léger penchant vers l'industriel et l'utilisation alors que l'école de Roseau, St. Martins (école de filles), la plus centrale, est très légèrement positionnée vers le côté environnement et utilisation. L'école Castle Bruce, quant à elle, a une position très extrême sur l'axe D2. Les élèves ont des conceptions très tournées vers l'aspect de l'utilisation particulière, et légèrement positive sur l'axe de l'industriel.

Il est notable que tous les lycées de Dominique sont situés à des positions négatives sur l'axe D2 (les dessins sont plus axés sur l'utilisation de la ressource) alors que tous les lycées de Guadeloupe sont à des positions positives sur ce même axe, donc les dessins représentent plutôt l'aspect industriel et le volcanisme. Il est étonnant de constater que les deux lycées de Roseau (donc dans un contexte géographique identique) sont assez éloignés. Les conceptions des élèves de ces deux établissements ont des spécificités bien différentes. L'école des filles est la seule école à être positionnée

négativement sur l'axe des abscisses et donc à avoir des conceptions plus proches de conceptions relatives à l'environnement. Ces observations mettent en évidence l'idée que le contexte géographique est sans doute loin d'être le seul à avoir une influence sur les conceptions que se sont construites les élèves envers la géothermie. Ces deux écoles sont des écoles non mixtes, on peut se poser la question de l'impact du genre des élèves sur la conception de la géothermie. Les caractéristiques sociales des élèves n'ont pas été récoltées lors de l'enquête. Il se peut que ces deux écoles aient des critères sociaux différents (prix de la scolarité, orientation religieuse) et accueillent ainsi des élèves de différents milieux sociaux. Ces facteurs sont des pistes pouvant expliquer le décalage entre les deux écoles très proches géographiquement. Le tableau 56 résume les conceptions qui ressortent de l'interprétation de l'ACM pour chaque île.

Tableau 56 : Spécificités des représentations par zone géographique selon l'ACM

Martinique	Conceptions de la géothermie comme une énergie renouvelable ou un phénomène naturel, conceptions environnementales.
Guadeloupe	Conceptions industrielles et liées au volcanisme, conceptions volcano-industrielles.
Dominique	Conceptions utilitaires, industrielles ou individuelles mais sans lien avec le volcanisme.

ACM n°2 : question 4 (deuxième traitement) et variable île

Une seconde analyse des correspondances multiples a été réalisée avec la variable « île » et le deuxième traitement effectué sur la question 4 « présence d'éléments particuliers dans les dessins d'élèves ». Elle est illustrée par la figure 73.

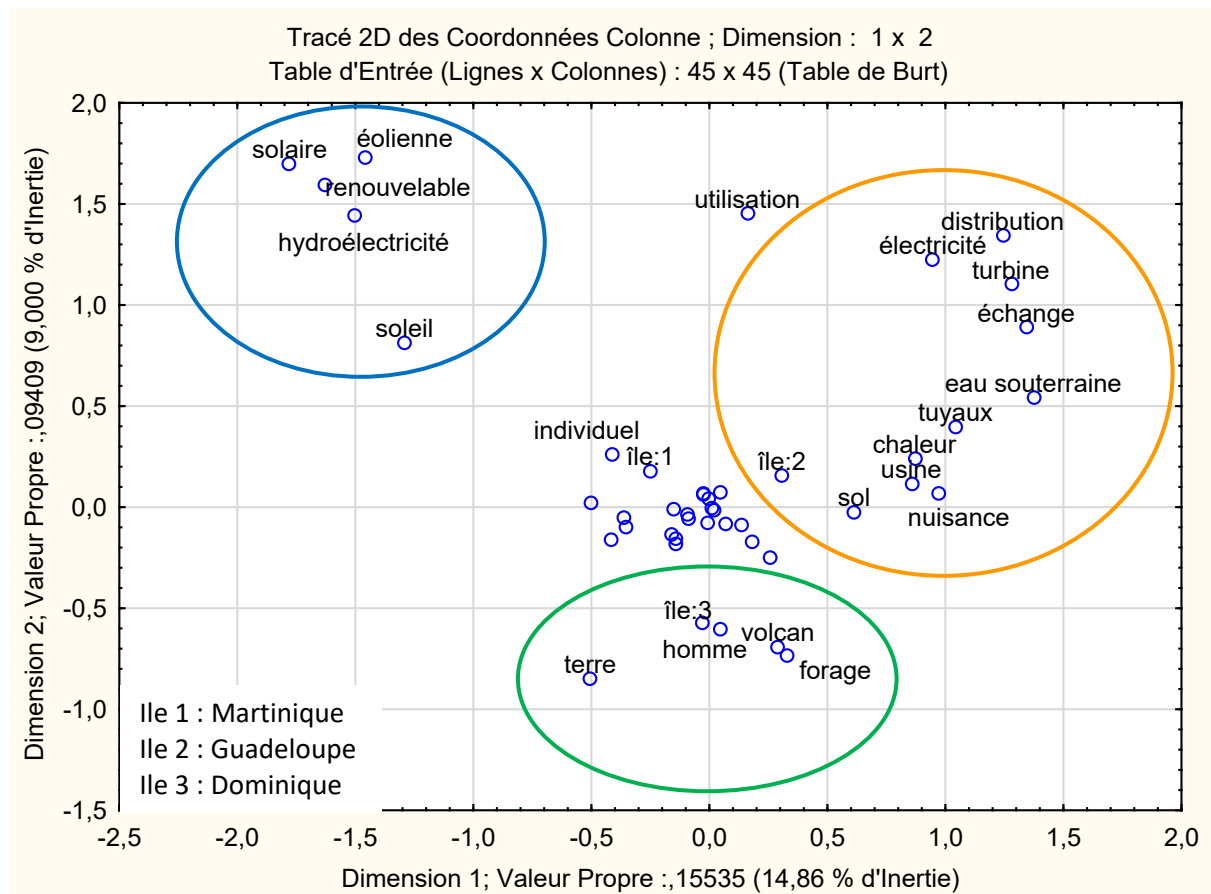


Figure 73 : ACM réalisée sur le deuxième traitement de la question 4

Les différents éléments identifiés sur les dessins ainsi que les trois zones géographiques sont reportés sur le graphique. Les points au centre, sans étiquettes, correspondent aux modalités « n'a pas dessiné l'élément ». Les modalités « a dessiné l'élément » correspondent aux points annotés. La répartition des modalités de réponses montre des zones de regroupement. En haut à gauche (en bleu), sont regroupés les points qui correspondent au fait d'avoir dessiné une éolienne, un panneau solaire, le soleil, l'hydroélectricité, ou toute autre énergie renouvelable. La Martinique (île 1) est le territoire qui se trouve le plus proche de cette zone, elle se trouve également très proche de l'élément « individuel » qui correspond aux dessins représentant une utilisation individuelle sous forme de chaleur ou d'eau chaude. La deuxième zone (en orange) regroupe les éléments qui correspondent à une représentation du sol, d'une usine, de chaleur, d'une nuisance, des tuyaux, de l'eau souterraine, d'un échange, d'une turbine, de l'électricité et d'une distribution. Cette zone comporte également la modalité île 2, qui correspond à la Guadeloupe. Selon cette analyse, les élèves de Guadeloupe ont une vision plus industrielle et technique de la géothermie. Ce sont également eux qui dessinent le plus d'éléments. Enfin, la dernière zone (en vert) regroupe les éléments terre, homme, volcan et forages, ainsi que l'île 3, qui correspond à la Dominique. Il semble que l'idée de l'exploitation par l'homme d'une ressource volcanique soit bien représentée en Dominique.

Cette analyse appuie des résultats de l'analyse précédente et confirme l'idée émise selon laquelle les élèves de Martinique ont des conceptions plutôt tournées vers l'environnement et les énergies renouvelables, et que les élèves de Guadeloupe se représentent des éléments liés à une activité

industrielle. Les résultats de l'analyse fournissent en revanche des informations complémentaires concernant les conceptions en Dominique. Ces éléments représentés selon cette analyse sont liés à une notion d'exploitation par l'homme d'une ressource naturelle. Par ailleurs, le volcanisme initialement associé plutôt aux élèves de Guadeloupe, se retrouve corrélé à la zone de la Dominique. Cette seconde interprétation est liée au fait que la catégorisation exclusive du premier traitement catégorisait les dessins avec un volcan dans deux groupes différents (modalités 3 et 5). Le deuxième traitement ainsi que l'ACM lui correspondant permet d'affirmer que les dessins de volcans sont plus fortement corrélés à la Dominique qu'à la Guadeloupe, mais que les dessins volcano-industriels, sont quant à eux, plus fortement liés à la Guadeloupe.

ACM n°3 : questions exclusives et variable lycée

Une troisième analyse des correspondances multiples a été réalisée avec les variables Lycées, et les modalités de réponses des questions Q1 (premier traitement adapté), Q4 (premier traitement), Q5, Q6, Q8a, Q8d, Q9a, Q10 et Q11a. Cette analyse reprend les données de toutes les questions dont le traitement des réponses a été fait de manière exclusif ou qui n'appelaient qu'une seule réponse de la part de l'élève (figure 74).

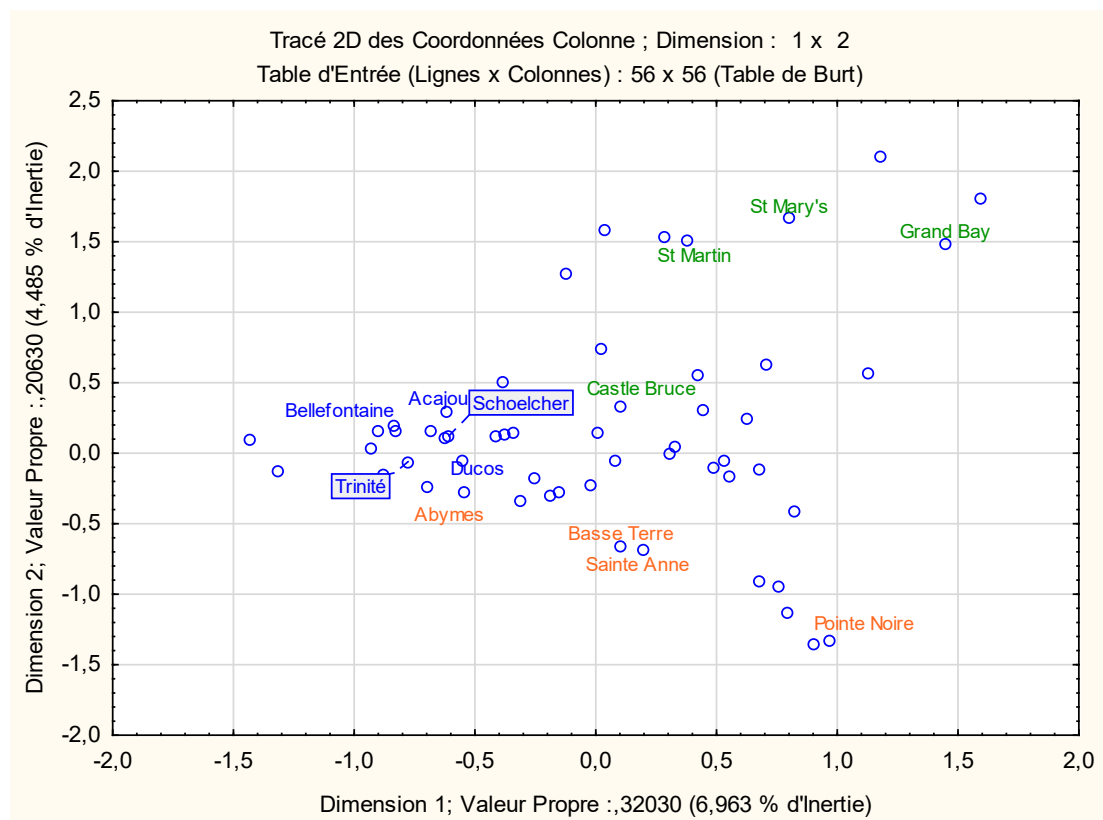


Figure 74 : ACM entre les variables « lycée » et toutes les questions au traitement exclusif

Tableau 57: Spécificités des représentations selon les deux dimensions

Dimensions	Négatif	Positif
1	Élèves affirmant ne pas connaître le sujet et ne pas l'avoir vu en classe	Élèves s'estimant informés sur la géothermie et l'ayant vue à l'école
2	Conceptions technologiques citant Bouillante et liées à la production d'électricité	Élèves citant Trafalgar ou la Dominique et ayant un avis défavorable et peu d'intérêt pour la géothermie

Tableau 58 : Description des points ayant une forte inertie sur D1 et D2

Dim.	Négatif	Coord.	Inertie	Positif	Coord.	Inertie
1	Q6 : 2 - n'en a jamais entendu parler	-1,43	0,086	Q8d : 2 - a appris quelque chose à l'école à ce sujet	0,68	0,069
	Q8d : 1 - n'a rien appris à l'école	-0,62	0,063			
	Q8a : 2 - n'a pas vu en classe	-0,83	0,057	Q10 : 1 - se dit assez informé	1,13	0,049
	Q1 : 7 - définitions « autres »	-0,93	0,045	Q8a : 1 - abordé le sujet en classe	0,49	0,047
	Q4 : 6 - dessins d'énergies renouvelables	-0,89	0,035	Ly 13 - Gand Bay, Dominique	1,45	0,041
Q5 : 1 - connais Bouillante				0,90	0,039	
2	Q5 : 1 - connaît Bouillante	-1,36	0,14	Ly 12 – St. Mary's Ac Dominique	1,67	0,097
	Ly 9 – Pointe-Noire, Guadeloupe	-1,33	0,070	Q5 : 3 - cite Trafalgar	2,11	0,082
	Q4 : 8 - dessins technologiques	-1,13	0,046	Ly 13 - Grand Bay Dominique	1,49	0,067
	Ly 7 – Sainte-Anne, Guadeloupe	-0,69	0,036	Q5 : 4 - cite Dominique	1,81	0,065
	Q1 : 3 - énergie électrique en définition	-0,95	0,030	Q9a : 4 - avis défavorable	1,54	0,046
Q11a : 2 - ne veux pas en apprendre davantage				0,74	0,039	

Le tableau 58 résume les concepts portés par les deux axes en fonction de l'inertie et des coordonnées de chaque modalité. L'axe D1 oppose les élèves qui n'ont jamais entendu parler de géothermie, ni à l'école ni à d'autres occasions, en négatif, à ceux étant familiers à la géothermie, grâce à l'école, en positif. L'axe D2 oppose les élèves étant familiers à la centrale de Bouillante, en négatif à ceux ayant connaissance d'une centrale en Dominique, en positif.

Selon l'ACM, les lycées de Martinique se regroupent du côté négatif de l'axe D1 : les élèves affirment ne pas bien connaître le concept de géothermie. Les Lycées de Grand Bay (Dominique) et de Pointe-Noire (Guadeloupe) sont les plus extrêmes sur le côté positif de l'axe D1, il s'agit des élèves ayant étudié la géothermie en classe. Les écoles de Roseau, St. Mary's (garçon) et St. Martins (filles), se situent dans une position moins extrême, mais connaissent également bien le concept de géothermie. Les lycées de Basse-Terre, Sainte-Anne (Guadeloupe) et Castle Bruce (Dominique) ont des positions assez centrales, proches de zéro sur les deux axes, leurs connaissances sur le concept

de géothermie ne peuvent donc pas être décrites par rapport à nos dimensions. Le lycée des Abymes est, quant à lui, du côté négatif de l'axe D1, les élèves ne connaissent pas bien la géothermie. L'axe D2 oppose clairement les établissements de Guadeloupe, familiers de la centrale de Bouillante, à ceux de Dominique, familiers d'une exploitation en Dominique. Sur ce même graphique, la modalité « défavorable » au développement de la géothermie structure la partie positive de l'axe D2, cette modalité est spécifique des conceptions des élèves de Dominique.

ACM n°4 : question 1 (premier traitement adapté), question 4 (premier traitement), question 9, et variable lycée

Enfin, une dernière analyse des correspondances multiples entre les variables « lycée » et les questions Q1 (premier traitement adapté), Q4 (premier traitement), et Q9a a été réalisée. Ces questions reflètent trois dimensions distinctes : les connaissances, les représentations par des dessins et l'opinion. L'analyse permet de visualiser la répartition des variables sur un graphique en deux dimensions (figure 75) dont les axes sont expliqués dans les tableaux 59 et 60.

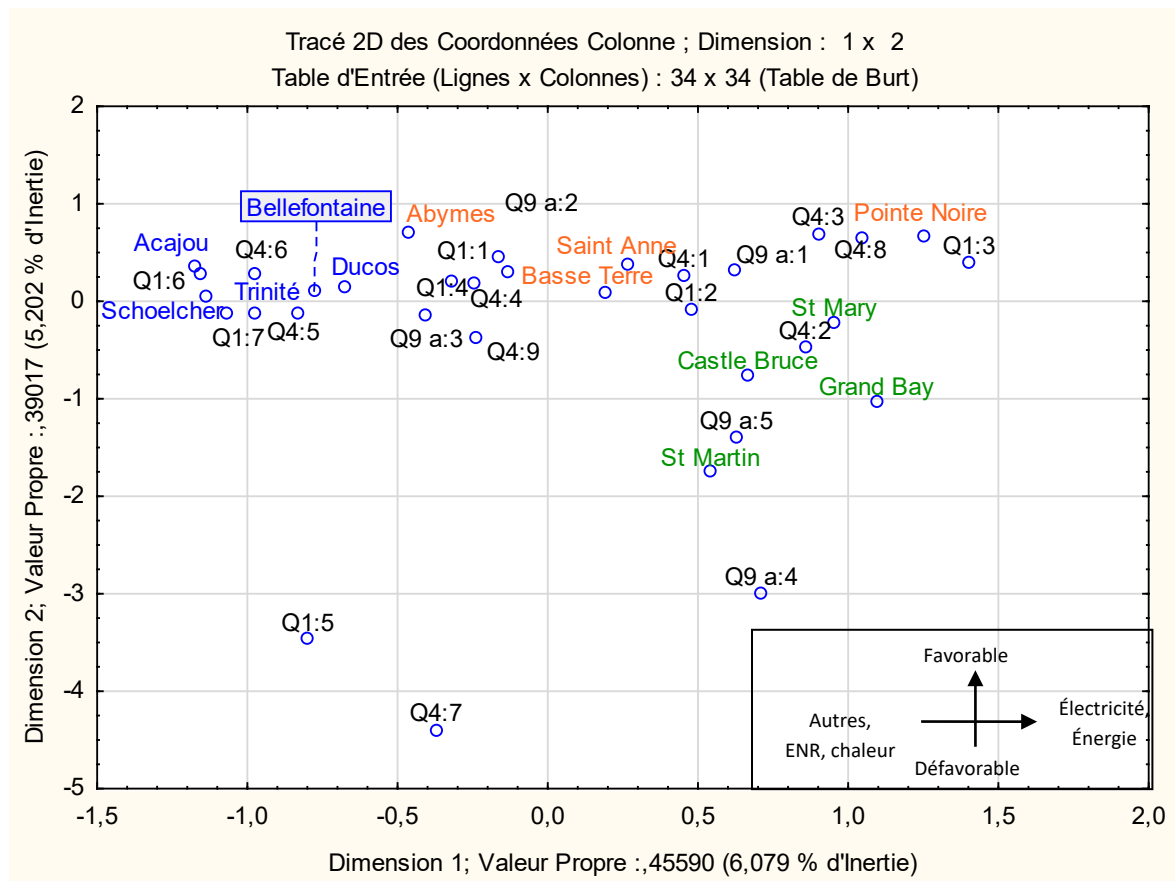


Figure 75 : ACM entre les variables lycée, Q1, Q4 et Q9a

Tableau 59: Spécificités des représentations selon les deux dimensions

Dimensions	Négatif	Positif
1	Énergies renouvelables, réponses « autres » et phénomène de chaleur de la terre	La géothermie produit de l'électricité ou de l'énergie provenant du sol
2	La géothermie comme polluante ou nuisible à l'environnement et avis défavorables	Avis favorables au développement de la géothermie

Tableau 60 : Description des points ayant une forte inertie sur les dimensions 1 et 2

Dim.	Négatif	Coord.	Inertie	Positif	Coord.	Inertie
1	Q1 : 7 - définitions « autre »	-1,07	0,11	Q1 : 3 - « énergie électrique » en définition	1,40	0,070
	Q4 : 6 - dessins d'énergies renouvelables	-0,98	0,07	Q1 : 2 - « énergie de la Terre » en définition	0,48	0,06
	Q4 : 5 - dessins du phénomène de chaleur	-0,83	0,06			
2	Q4 : 7 - dessins d'énergies polluantes	-4,39	0,26	Q9a : 2 - avis favorables	0,31	0,03
	Q9a : 4 - avis défavorables	-2,99	0,24	Q4 : 8 - dessins de technologies	0,64	0,02
	Q1 : 5 - « énergie fossile » en définition	-3,46	1,13			

Le tableau 60 résume les concepts portés par les deux axes en fonction de l'inertie et des coordonnées des points présentés dans le l'ACM. Selon ce tableau, les modalités ayant le plus d'inertie sur l'axe D1, en négatif, sont : le fait d'avoir donné une réponse « autre » à la question « qu'est-ce que la géothermie selon toi ? ». Cela exclut les réponses en lien avec la production d'énergie et d'électricité. L'autre modalité de réponse présentée dans le tableau est le fait d'avoir dessiné une autre énergie renouvelable (éolienne, panneau solaire...). Enfin on retrouve les dessins représentant la nature, la terre, ou la chaleur du sol. Sur le côté positif de l'axe, les points ayant le plus d'inertie sont ceux correspondant aux réponses « production d'électricité » et « énergie provenant de la Terre ». On peut affirmer que cet axe oppose des conceptions très générales et vastes de la géothermie à des conceptions beaucoup plus en lien avec les réponses attendues. En d'autres termes, on pourrait nommer cet axe, l'axe des connaissances de la géothermie. L'axe D2 est formé en négatif par des dessins de la géothermie perçue comme quelque chose de nuisible, des opinions défavorables au développement de la géothermie et des définitions de la géothermie faisant référence à une énergie fossile. Le côté positif est formé par les opinions favorables au développement de la géothermie et par des dessins de la géothermie vue comme une structure technologique. Les lycées de Martinique (Bellefontaine, Trinité, Schoelcher, Acajou et Ducos) sont regroupés dans une petite zone du côté négatif de l'axe D1. La Martinique est caractérisée par des conceptions environnementales identifiant la géothermie comme liée à des préoccupations écologiques mais sans en spécifier l'aspect technique et industriel. Elles sont également regroupées sur l'axe D2, proche de 0 mais dans la partie supérieure du graphique. Les lycées de Martinique sont

plutôt favorables à la géothermie. Les lycées de Guadeloupe se regroupent sur le côté positif de D1, les élèves sont plus favorables au développement de la géothermie. En revanche, leur position sur D1 est homogène (entre -0,5 et +0,5), à l'exception du lycée de Pointe-Noire. Ils se situent sur cet axe en position intermédiaire entre les établissements de Martinique et ceux de Dominique. Le lycée de Pointe-Noire occupe une position tout à fait singulière, il possède la coordonnée la plus grande (1,5) sur cet axe, au-delà même des lycées de Dominique. Les lycées de Dominique sont situés dans la partie négative de l'axe D2 et positive de l'axe D1. Les coordonnées correspondent à des conceptions faisant une large place à la production d'électricité, et exprimant un avis défavorable.

Synthèse des ACM

Sur chacune de ces ACM une étonnante proximité entre les lycées issus d'une même île est constatée. Cela renforce l'idée d'un lien fort entre ces territoires et les conceptions exprimées.

Ces ACM opposent généralement en D1, la Martinique d'une part, à la Guadeloupe et la Dominique d'autre part. Les conceptions exprimées en Martinique peuvent être qualifiées d'environnementales dans le sens où elles rattachent la géothermie à la nature ou au développement durable, sans en aborder la dimension technique et sans faire allusion à des exemples concrets. Les conceptions sont favorables au développement de la géothermie mais les élèves se déclarent peu informés sur ce sujet. La Guadeloupe et la Dominique partagent des représentations plus techniques.

L'axe D2 oppose généralement la Guadeloupe et la Dominique. En Guadeloupe, les conceptions peuvent être qualifiées de volcano-industrielles. Elles définissent la géothermie comme une activité industrielle reliée au volcanisme, et sont favorables à son développement. En Dominique, les conceptions sont qualifiées d'utilitaires. Elles partagent avec la Guadeloupe la dimension industrielle sans exclure l'aspect individuel mais sont beaucoup moins favorables à son développement qui peut être perçu comme nuisible à l'environnement.

Le lycée de Pointe-Noire présente des résultats différents des autres lycées de Guadeloupe. Les conceptions sont nettement plus influencées par la centrale de Bouillante, elles apparaissent plus axées vers l'aspect industriel de la géothermie.

2.5. Discussion partielle

La dernière partie de ce chapitre a pour objectif de discuter les résultats obtenus grâce à l'enquête effectuée, en les confrontant à certains éléments explicités dans le cadre théorique. Tout d'abord, les résultats de notre enquête seront comparés à ceux de l'enquête réalisée par BVA Group sur le même sujet et dans les mêmes îles en 2014. Ensuite, l'hypothèse spécifique à ce chapitre émise dans la présentation de la méthodologie sera discutée, ainsi que les sous-hypothèses spécifiques au questionnaire.

2.5.1. Deux enquêtes aux résultats proches

Quatre questions issues du questionnaire réalisé par le bureau d'étude BVA Group en 2014 ont été reprises dans le questionnaire établi pour l'enquête présentée ici (Geotref). Pour faciliter la lecture, nous avons reproduit le traitement de ces questions afin de pouvoir comparer les résultats de la population d'adultes à ceux de la population de jeunes. Effectivement, il aurait été possible de comparer sans reproduire, mais cela aurait rendu la lecture difficile. Les questions comparées sont Q1, Q5, Q3 et Q10 de notre questionnaire. Tout d'abord, les formulations des questions seront présentées, puis l'analyse sera illustrée pour chacune des quatre questions.

2.5.1.1. Des connaissances générales partagées

Le tableau 61 dévoile le premier couple de questions comparées. Malgré la différence de formulation, les deux questions sont sensiblement similaires.

Tableau 61 : Comparatif de la question 1 (Geotref) et 7 (BVA)

Question 1 : Geotref	Qu'est-ce que la géothermie selon toi ? Donne ta définition ?
Question 7 : BVA	Selon vous, qu'est-ce que la géothermie ?

Les histogrammes présentés dans les figures 76 et 77 décrivent les résultats obtenus pour chacune des deux enquêtes. Le premier traitement de la question 1 a été utilisé pour l'enquête Geotref (cf. 2.3.2. Méthodologie de traitement du questionnaire, question 1, p. 97).

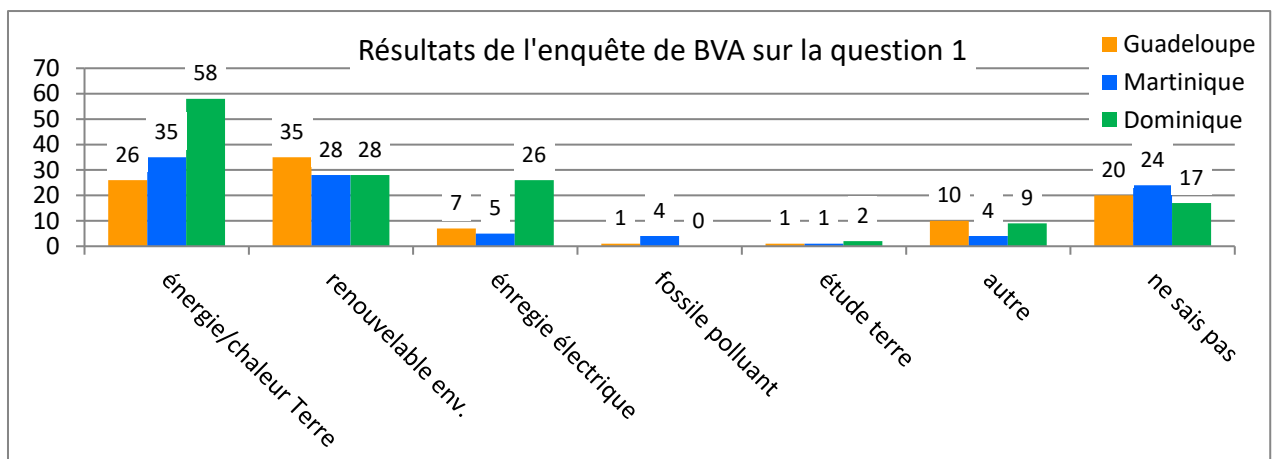


Figure 76 : Histogramme descriptif des réponses à Q7, enquête BVA

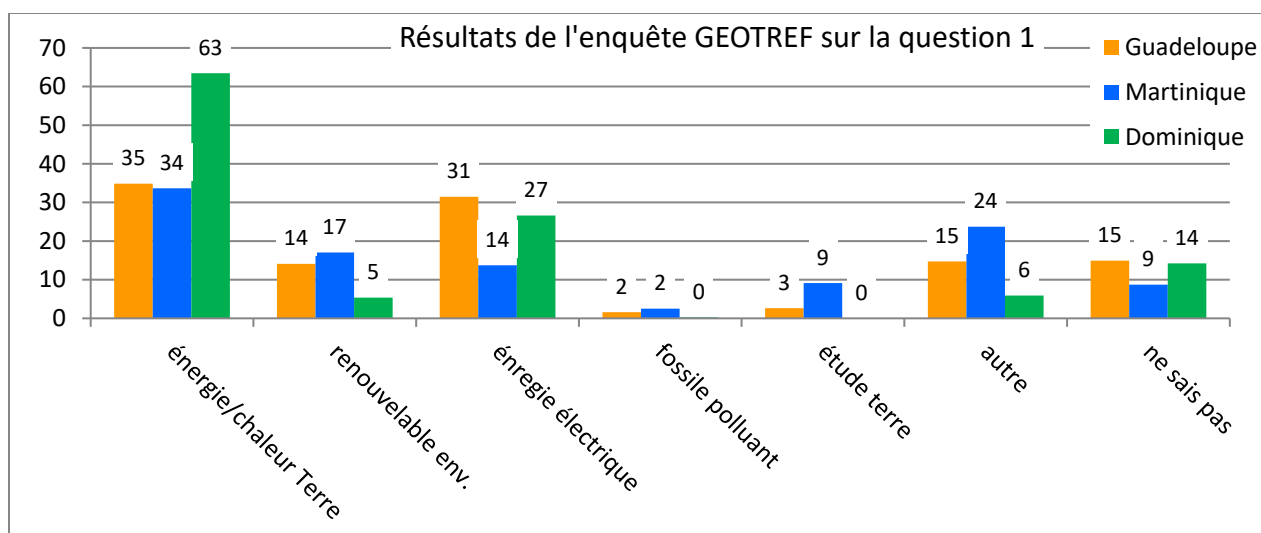


Figure 77 : Histogramme descriptif des réponses à Q1, enquête GEOTREF

Les trois premières modalités de réponses (énergie, chaleur de la Terre, renouvelables environnement et énergie électrique) sont les réponses attendues. La population de jeunes en Guadeloupe fournit ces réponses à 80% alors que celle des adultes le fait à seulement 68%. Il est possible d'affirmer qu'en Guadeloupe, les jeunes sont mieux informés que les adultes. Cependant, le test de χ^2 ne nous permet pas de dire que cette différence est significative (avec un risque d'erreur inférieur à 5%). En Martinique et en Dominique, c'est l'inverse, les jeunes semblent moins bien informés que les adultes. Les populations d'adultes sont plus sensibles au fait que la géothermie soit une énergie renouvelable dans les trois îles. Les populations d'adultes de Guadeloupe et de Martinique citent moins fréquemment la production d'électricité alors que pour la Dominique, les chiffres sont quasiment identiques sur cette notion. La perception de la géothermie comme une énergie fossile ou polluante est sensiblement équivalente entre les deux populations, mais légèrement plus par les adultes de Martinique. La géothermie est significativement plus vue comme étant l'étude de la Terre par la population de jeunes de Martinique (9% contre 1% pour les adultes). Enfin, il y a plus de réponses « autres » sur l'enquête Geotref en Guadeloupe et en Martinique, donc chez les jeunes, que chez les adultes, et il y a plus de réponses « je ne sais pas » chez les adultes que chez les jeunes. Ces observations semblent montrer de manière générale que la population interrogée de jeunes est mieux informée sur la géothermie que la population d'adultes. Cela peut-être, soit lié aux conditions de passations qui ne sont pas du tout les mêmes pour les deux enquêtes, soit au fait que l'engouement général pour le développement durable et les énergies renouvelables est aujourd'hui plus présent qu'en 2014.

Par ailleurs, il est surprenant de noter que les réponses « autres » sont plus nombreuses chez les populations de jeunes alors que les non réponses (ou « ne sais pas ») sont plus nombreuses chez la population d'adultes. Il se peut que cela soit dû, soit à une plus grande imagination des jeunes, qui tentent de répondre en suggérant des idées sur ce que peut être la géothermie, alors que la population d'adultes est peut-être moins imaginative, et répond simplement ne pas savoir ce que c'est, soit à l'effet de contrat ou au contrat didactique incitant le jeune à fournir une réponse quand l'adulte assumera de ne pas savoir. Toujours est-il que la somme des deux modalités donne des valeurs à peu près équivalentes entre les deux populations.

2.5.1.2. Des opinions comparables sur la géothermie

Le tableau 62 compare l'organisation et la formulation des sous-questions de la question 3 (Geotref) et 15 (BVA). Des différences existent entre les deux questionnaires et sont explicitées plus bas.

Tableau 62 : Comparatif des questions 3 et 15 pour l'enquête BVA et l'enquête Geotref

Question 3 - Geotref : donne ton avis concernant les affirmations suivantes, coche une réponse par ligne.		Question 15 – BVA : dites-moi si vous êtes tout à fait, plutôt, plutôt pas ou pas du tout d'accord avec chacune des affirmations suivantes	
La géothermie...		La géothermie ou son exploitation...	
A	Est une technique bien maîtrisée	Techniques bien maîtrisées	
B	Nécessite d'être développée	Il faut la développer	
C	Est une énergie propre	Énergie propre	
D	Est une énergie disponible en permanence	Énergie disponible en permanence	
		Contribue efficacement à la production d'électricité	
E	Est un atout à l'export	Atout à l'export	
F	Contribue à l'indépendance énergétique	Contribue à l'indépendance énergétique	
G	Contribue au développement de l'économie	Contribue au développement de l'économie et génère de l'emploi	
H	Génère de l'emploi		
I	Génère de nouvelles activités du type écotouristique	Génère des activités type écotourisme	
J	Fait baisser la facture d'électricité	Faire baisser la facture d'électricité	
K	Nuit à l'environnement	Impact négatif sur l'environnement	
L	Nuit à la biodiversité	Impact négatif sur la biodiversité	
M	Nuit à la santé humaine	Risque pour la santé humaine	
O	Présente un risque pour le sous-sol	Risque pour le sous-sol	
P	Nuit à l'activité touristique	Nuit à l'activité touristique	
Q	Est rentable		

Pour notre questionnaire, la formulation des questions a été adaptée car le public visé n'est pas le même, et les objectifs de l'enquête sont différents. L'item « Contribue efficacement à la production d'électricité » a été supprimé de manière à ne pas influencer les élèves ne sachant pas ce qu'est la géothermie pour les autres questions. L'item « Contribue au développement de l'économie et génère de l'emploi » de l'enquête BVA, contenant deux éléments distincts a été séparé en deux. Enfin, une proposition sur la rentabilité a été ajoutée (item Q).

Pour les deux enquêtes, les réponses s'organisent selon une échelle de Likert à quatre modalités. Comme l'illustre le tableau 63, les modalités sont comparables mais le codage selon cette échelle diffère.

Tableau 63 : Repère des échelles utilisées pour les deux enquêtes des figures 78 et 79

Echelle Geotref		Echelle BVA	
Tout à fait d'accord	3	Tout à fait d'accord	4
D'accord	2	Plutôt d'accord	3
Pas trop d'accord	1	Plutôt pas d'accord	2
Pas du tout d'accord	0	Pas du tout d'accord	1

Les réponses du questionnaire Geotref ont été reportées sur un graphique en étoile, de forme identique à celui réalisé par BVA Group (figures 78 et 79). Deux graphiques ont été construits : le premier contient les items à portée négative et le second, ceux à portée positive. Étant donné que

certains éléments du premier questionnaire ne figurent pas dans le second, et inversement, les modalités des deux enquêtes figurant sur les graphiques ne sont pas tout à fait les mêmes.

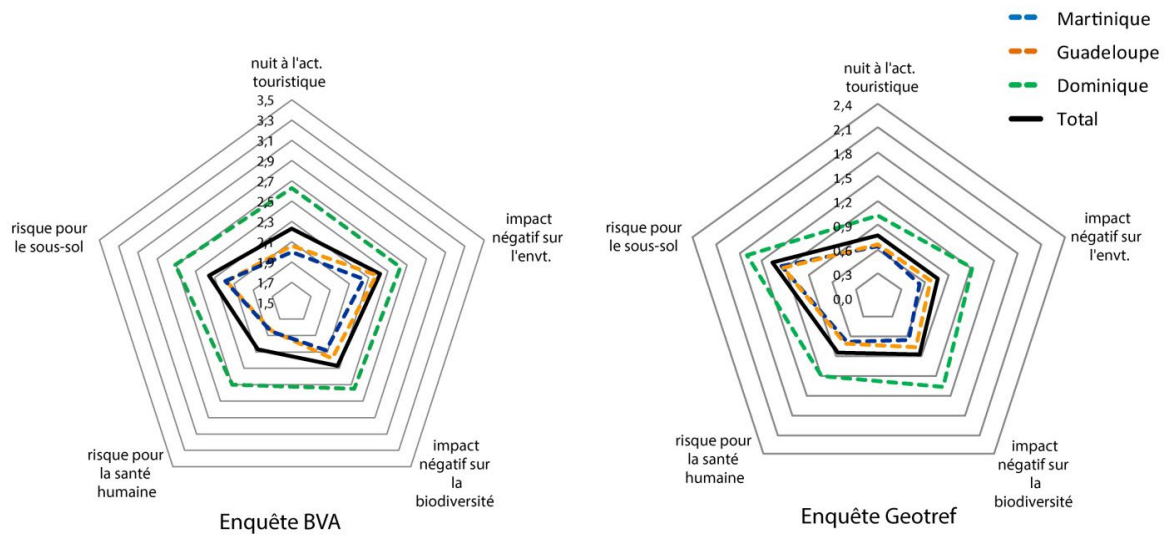


Figure 78 : Comparaison des résultats de notre enquête et de celle de BVA sur la question 3 (affirmations en défaveur de la géothermie)

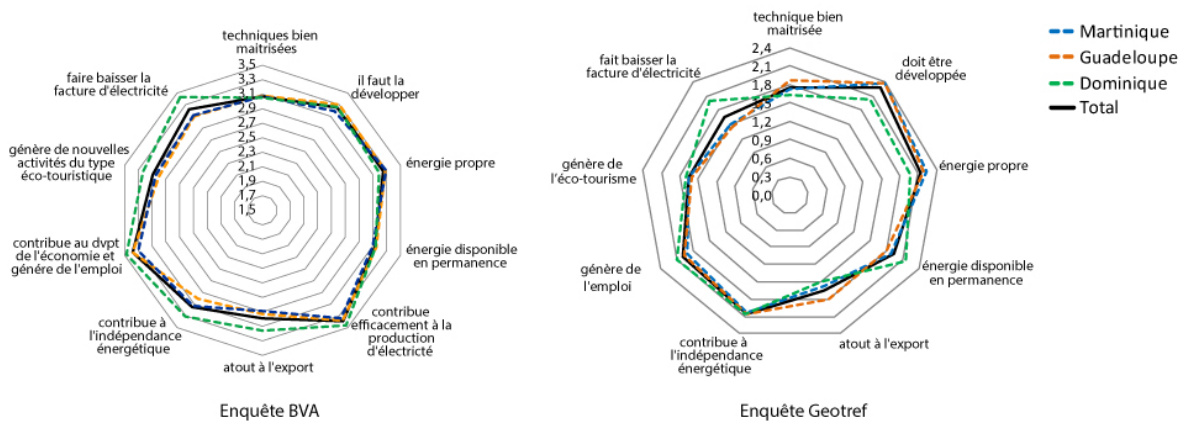


Figure 79 : Comparaison des résultats de notre enquête et de celle de BVA sur la question 3 (affirmations en faveur de la géothermie)

La comparaison des résultats montre que les opinions des deux populations enquêtées sont très proches. La seule différence notable se situe au niveau de l'impact négatif sur l'environnement, qui semble un peu moins marqué chez les jeunes alors que le risque pour le sous-sol est quant à lui moins présent chez les adultes. Les résultats de notre enquête sont ainsi cohérents avec ceux de l'enquête réalisée par BVA.

2.5.1.3. Des connaissances locales similaires sur la géothermie

Le tableau 64 présente les questions 5 (Geotref) et 9 (BVA) destinées aux deux populations différentes. Ces questions concernent la connaissance d'infrastructures liées à la géothermie. La formulation de la question de notre enquête a été adaptée pour la tranche d'âge et les conditions de l'enquête (questionnaire papier *versus* questionnaire téléphonique). Malgré cela les deux questions sont encore une fois sensiblement similaires.

Tableau 64 : Comparatif de la question 5 entre l'enquête BVA et l'enquête Geotref

Question 3 : Geotref	Connais-tu des installations de production à partir de géothermie ? Si oui, lesquelles ?
Question 9 : BVA	Quelles installations de production à partir de géothermie connaissez-vous ?

Les résultats des deux enquêtes pour cette question sont décrits dans la figure 80. De manière générale les réponses obtenues pour les populations de jeunes et d'adultes sont comparables.

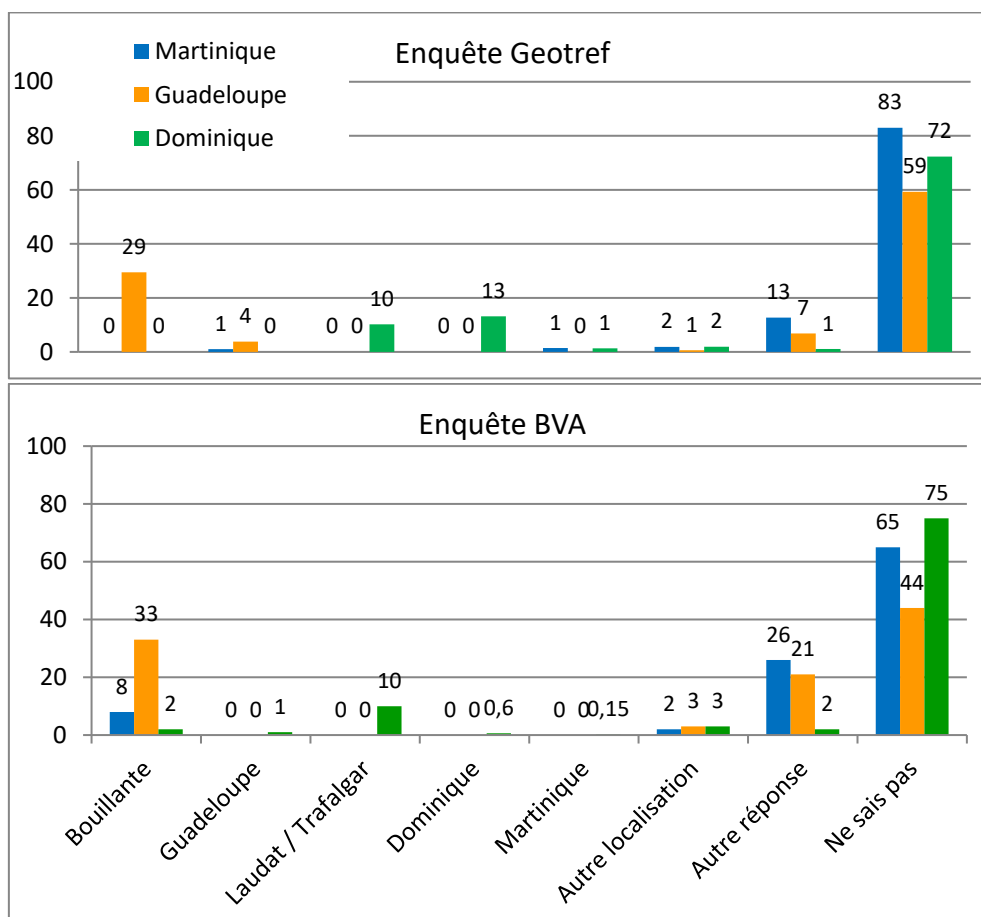


Figure 80 : Comparatif des résultats obtenus pour la question 5 entre l'enquête Geotref et l'enquête BVA (les données sont en pourcentages)

En Guadeloupe, la centrale de Bouillante est citée par 29% de la population de jeunes et par 33% de la population d'adultes. Cette différence, selon le test de χ^2 , n'est pas significative (avec un risque d'erreur inférieur à 5%). Aucun des élèves de Martinique ni de Dominique n'a cité la centrale alors

que certains adultes de ces deux îles en ont tout de même connaissance (8% en Martinique et 2% en Dominique). En Dominique, 10% de la population d'adultes et de la population de jeunes citent une installation de production géothermique dans la vallée de Roseau (Trafalgar, Laudat, Wotten Waven ou Morne Prosper), alors que seulement 0,6% des adultes citent la Dominique contre 13% des élèves. Finalement, il semble y avoir plus de jeunes en Martinique et en Guadeloupe qui déclarent ne pas connaître d'installations (respectivement 85% et 59% de jeunes contre 65% et 44% d'adultes). Ces différences ne sont cependant pas significatives. Pour la Dominique, les données sont plus proches (72% de jeunes déclarent ne pas connaître d'installations et 75% d'adultes).

2.5.1.4. Un désir d'apprendre bien différent

Le tableau 65 présente le comparatif de la formulation entre la question 10 de notre enquête et la question 19 de l'enquête BVA. Encore une fois, la formulation des questions a été adaptée pour la tranche d'âge et malgré cela, les deux questions sont une nouvelle fois sensiblement similaires.

Tableau 65 : Comparatif de la question 10 entre les enquêtes BVA et Geotref

Question 10 : Geotref	Est-ce que tu penses être assez informé(e) sur le sujet ?
Question 19 : BVA	Diriez-vous que vous êtes suffisamment informé sur la géothermie ?

La figure 81 illustre les écarts entre les populations de jeunes et d'adultes sur la question commune. Il existe une différence importante entre les réponses des deux populations.

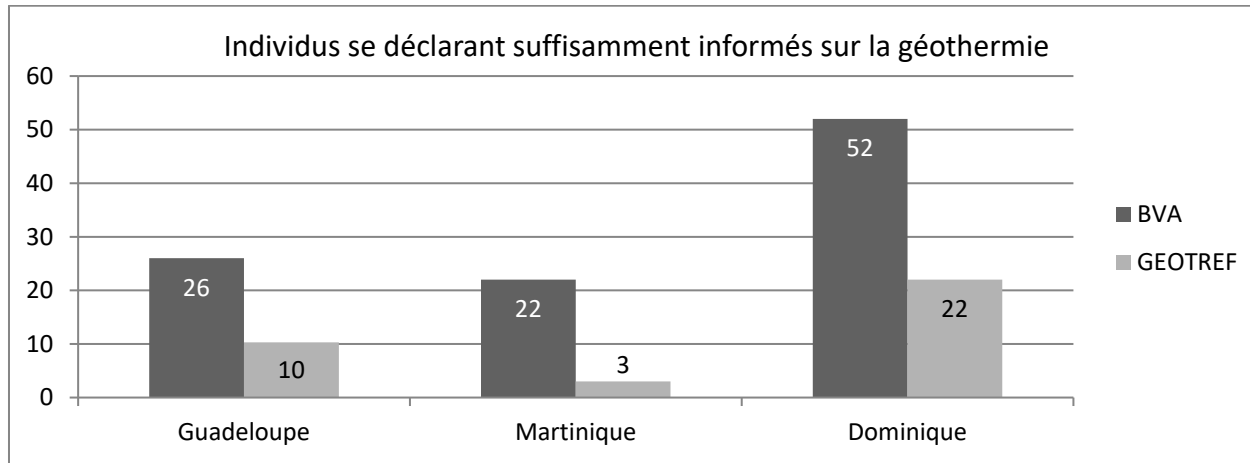


Figure 81 : Comparaison des résultats de la question 10, données en pourcentages

Les adultes affirment beaucoup plus être suffisamment informés que les jeunes, et la différence est significative selon le test de khi². Cela peut sans doute s'expliquer par la différence d'âge. Effectivement, il est tout à fait normal qu'une population plus jeune se sente moins informée sur le sujet. Il est néanmoins possible que cette différence soit due à la différence entre les méthodes de recueil de données.

2.5.1.5. Synthèse de la comparaison

Dans la limite de l'interprétation qui a pu être faite du traitement des données lors de l'enquête effectuée en 2014, les résultats de notre enquête semblent grandement similaires. Il est possible d'affirmer que les conceptions de la population d'élèves de seconde, ou du niveau équivalent pour la Dominique, sont globalement comparables à celles de l'échantillon testé en 2014 sur les questions d'opinions et de connaissances. Une différence est cependant notable : les élèves s'estimant bien informés sont nettement moins nombreux que l'échantillon de l'enquête BVA. Cela peut vraisemblablement s'expliquer, soit par un effet d'âge, soit par un effet de recueil de données (téléphone *versus* questionnaire en classe). Il est également possible que la différence d'âge crée une différence d'exposition et d'accès aux médias entre ces deux populations, créant ainsi une différence vis-à-vis de l'information à la géothermie qu'ils perçoivent.

Par ailleurs, l'enquête réalisée par BVA Group est une enquête d'opinion, et ses conclusions sont principalement orientées sur du conseil en termes d'information et de communication. Il ressort de cette enquête que la population doit être mieux informée. Or, nous constatons dans notre enquête, que la population interrogée en 2017 se considère moins informée que celle interrogée en 2014. Cette différence peut néanmoins s'expliquer, comme déjà évoqué, par la différence d'âges et de conditions d'enquête.

2.5.2. Des conceptions dépendant des territoires et de leur géothermie

Selon l'hypothèse générale de ce chapitre, les conceptions des élèves sont influencées par le contexte géothermique dans lequel ils se trouvent.

Afin de vérifier cette hypothèse, une enquête a été mise en place sur une population ciblée afin de recueillir les conceptions sur la géothermie en Guadeloupe, Martinique et Dominique. Comme nous l'avons vu dans la partie théorique, les conceptions peuvent être définies de multiples manières. Elles sont également invisibles et donc difficilement identifiables et descriptibles. En nous inspirant des études de Forissier (2003) et Clément (2010), nous rappelons que les conceptions sont descriptibles selon trois dimensions : les connaissances vis-à-vis de ce sujet, l'opinion, au sens du jugement et du positionnement, et l'expérience vécue avec la géothermie. Ainsi, le questionnaire de l'enquête mis en place s'organise selon ces trois aspects. Afin de vérifier notre hypothèse générale, nous allons examiner les sous-hypothèses qui ont été élaborées.

Trois types d'analyses ont été réalisés sur les données récoltées. Les analyses descriptives permettent principalement de restituer les données récoltées mais dans notre cas, permettent également de vérifier nos sous-hypothèses. Les analyses inférentielles (khi^2 et ANOVA) permettent d'étudier la significativité des différences observées. Enfin, les analyses d'interdépendance (ACM) permettent d'étudier l'organisation des idées et de définir les conceptions en intégrant plusieurs questions au sein d'une même analyse.

2.5.2.1. *Des différences significatives*

Les tris à plat élaborés pour l'analyse descriptive des données a permis de mettre en évidence le fait qu'il existe des différences dans les réponses fournies par les élèves des trois îles. Le test de χ^2 permet d'affirmer que pour chacune des questions, les différences sont significatives en fonction des îles. Les sous-hypothèses émises lors de la création du questionnaire vont être examinées successivement ici.

Question 1 : qu'est-ce que la géothermie selon toi ? (Donne ta définition).

Hypothèse Q1 : les connaissances exprimées vis-à-vis de la géothermie seront plus proches des réponses attendues dans les endroits où elle est exploitée, donc en Guadeloupe.

Cette hypothèse n'est pas vérifiée. L'île dans laquelle les élèves fournissent le plus une réponse attendue est la Dominique à 81%, puis la Guadeloupe à 62% et enfin la Martinique à 59%. Il n'existe pas, au moment de l'enquête, de production de géothermie, ni en Dominique, ni en Martinique, alors qu'il en existe en Guadeloupe. Selon le test de χ^2 , les élèves de Dominique citent significativement plus la géothermie comme énergie de la Terre qu'en Guadeloupe et en Martinique, et significativement moins la géothermie comme une énergie renouvelable. On ne peut donc pas dire que les élèves issus d'une île où la géothermie est exploitée en possèdent une meilleure connaissance.

Question 2 : à quoi sert la géothermie, pourquoi l'utilise-t-on ?

Hypothèse Q2.1 : les élèves des îles exploitant de la géothermie sont plus à même de répondre à cette question, ils savent que la géothermie produit de l'électricité ou de l'énergie. Alors que les élèves de Martinique sont plus sensibles au sens « étude de la chaleur » et moins au sens « source d'énergie », et que ceux de Dominique seront plus sensibles au sens « loisir, bien-être et médecine ».

Une fois encore, l'hypothèse n'est pas vérifiée. Les élèves de Dominique sont ceux qui fournissent le plus une réponse attendue : la production d'énergie (17% en Dominique contre 12% en Guadeloupe). Par ailleurs, 80% des élèves de Dominique déclarent que la géothermie sert à produire de l'énergie, de l'électricité ou de la lumière, ce qui est significativement plus élevé que pour la Guadeloupe et la Martinique. Par ailleurs, seulement 2% des élèves de Dominique font référence à l'aspect renouvelable de la ressource, ce qui est très différent significativement des deux autres îles (en moyenne 17%). Il est étonnant de constater qu'aucun élève ne voit la géothermie comme une source de loisirs. Pourtant, en Dominique par exemple, il existe de nombreux spas qui utilisent les ressources naturelles d'eau chaude pour le loisir et le tourisme, comme les Screw's Sulfur Spas et le Tia's Hot Spa à Wotten Waven. D'autres activités de loisir existent et sont liées à l'activité géothermale comme Bubble Beach et Champagne Beach. De la même manière, presque aucune des sources chaudes existantes en Guadeloupe (Ravine Thomas, les Bains Jaunes, Sofaïa, Dolé et bien d'autres) n'a été citée, et seulement deux dessins y font référence (figure 82). La géothermie n'est quasiment jamais perçue comme une source de loisir, à la différence des pays de l'Europe étudiés par Kępińska et Kasztelewicz (2015) où la géothermie est principalement perçue comme un loisir.



Figure 82 : Dessin de la géothermie comme un loisir en Guadeloupe

Hypothèse Q2.2 : les élèves répondent en priorité « énergie » ou « électricité ». Peu d'individus font référence à la chaleur ou à la climatisation (régulation de température dans les bâtiments).

Cette hypothèse est partiellement vérifiée, effectivement, pour les trois îles, en moyenne 23% des réponses concernent la production d'énergie et d'électricité pour seulement 4% pour la production de chauffage et de climatisation. En revanche, une autre modalité possède également de nombreuses réponses, il s'agit de la modalité relative à la protection de l'environnement qui possède 12% de répondants.

Question 5 : connais-tu des installations de production de géothermie ?

Hypothèse Q5.1 : les élèves citent principalement des lieux sur le territoire où ils vivent.

Cette hypothèse est vérifiée pour la Guadeloupe et la Dominique. Effectivement, la centrale de Bouillante n'est citée que par des élèves de Guadeloupe, tout comme les localisations en Dominique, citées uniquement par les élèves de Dominique. En revanche, très peu d'élèves de Martinique citent des localisations sur leur île, ce qui est tout à fait normal, étant donné qu'il n'y a pas d'installation géothermique en Martinique.

Hypothèse Q5.2 : en Guadeloupe, les élèves vivant sur l'île de Basse-Terre citent plus la centrale de Bouillante que les élèves vivant en Grande-Terre.

La figure 83 représente le pourcentage d'élèves citant la centrale géothermique de Bouillante en Guadeloupe, par lycée. Ces données sont issues des résultats de la question 5 : connais-tu des installations de production de géothermie ? Si oui, lesquelles ?

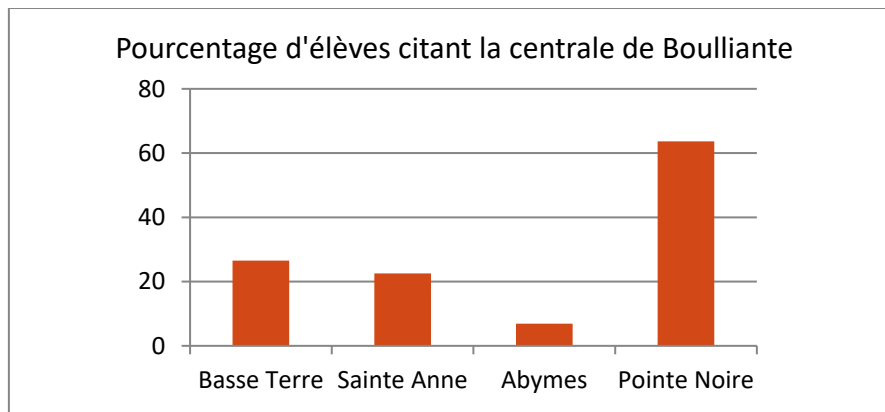


Figure 83 : Histogramme des élèves citant la centrale géothermique de Bouillante en Guadeloupe, par lycée

Les élèves de Pointe-Noire et de Basse-Terre citent plus la centrale de Bouillante (respectivement 64% et 27%) que ceux de Sainte-Anne et des Abymes (respectivement 23% et 7%). La différence entre le lycée de Pointe-Noire et les autres lycées est significative. En revanche, la différence entre les lycées de Basse-Terre et de Sainte-Anne n'est pas significative. Donc bien qu'il y ait une différence dans le pourcentage d'élèves citant la centrale de Bouillante entre les lycées de l'île de Basse-Terre et de Grande-Terre, ces différences ne sont pas significatives et ne peuvent donc pas être reconnues comme vérifiant l'hypothèse émise.

Hypothèse Q6 : Sur les îles pour lesquelles la géothermie est en cours de développement, plus d'individus affirment avoir déjà entendu parler de la géothermie.

Cette hypothèse n'est pas vérifiée, les élèves déclarant avoir entendu parler de géothermie étant plus nombreux en Dominique. Dans ce pays, malgré les ambitions politiques qui sont de développer la géothermie, et malgré les différentes campagnes exploratoires et projets d'exploitation qui existent ou ont existé, aucune production n'est actuellement active. Cependant, la communication politique et médiatique autour de tous ces projets a certainement été un facteur influençant la construction des conceptions des jeunes. En revanche, nous ne pouvons nous assurer de cela car nous ne disposons pas de moyens de vérifier l'importance du sujet dans les médias.

Toutes ces hypothèses nous permettent de constater une étonnante bonne connaissance de la géothermie par les élèves de Dominique, contrairement à ce qu'on pensait initialement. Comment se fait-il que les connaissances sur la géothermie soient plus importantes en Dominique, où il n'y a pas de production, qu'en Guadeloupe, où il existe une production depuis des décennies ?

L'activité hydrothermale en Dominique est très forte et est, par ailleurs, bien connue. Il existe en Dominique, dans la vallée de Roseau, plusieurs spas et centres de loisirs dans lesquels la chaleur naturelle de l'eau est utilisée. Il y existe également beaucoup de sources chaudes et de bains chauds naturels. De plus, l'industrie géothermique de la Dominique tente de se développer depuis de nombreuses années. Plusieurs forages ont été réalisés mais encore aucun puits de production n'est actif. Il se peut que les populations aient une bonne connaissance de l'existence des nombreuses sources d'eau chaude naturelle. Effectivement, la Dominique est une île très verte et très axée sur la nature, et sa population est souvent reconnue comme étant très proche et protectrice de sa nature. Enfin, les différentes tentatives pour développer la géothermie ainsi que les capitaux dépensés par le

gouvernement dominiquais à cet égard ont certainement été très médiatisés. Tous ces arguments peuvent expliquer la notoriété de la géothermie auprès des populations locales. La géothermie en Dominique, est sans aucun doute ce que Simonneaux et Simonneaux (2009) et Jeziorski et Ludwig-Legardez (2013) considèrent comme une question socialement vive (QSV). En effet, il s'agit dans ce territoire d'une question vive au sein de la société qui est fortement médiatisée. Elle est porteuse d'incertitudes et peut susciter des débats entre experts de différents champs disciplinaires comme sur les questions du développement économique de l'île, de la préservation de son environnement et du tourisme par exemple, elle peut ainsi être controversée. Il s'agit en Dominique d'un sujet complexe, d'actualité, qui est politiquement sensible.

2.5.2.2. Des lycées qui s'opposent

Nous allons maintenant tenter de répondre à notre question de recherche initiale, qui est la suivante : quelles sont les conceptions d'apprenants sur la géothermie ?

La géothermie est connue de la plupart des élèves des trois îles. En Dominique, ce sujet est souvent décrit comme étant un atout économique pour l'île. Les élèves sont globalement favorables au développement de cette énergie mais ne sont pas convaincus de son lien avec le développement durable et l'environnement. Beaucoup craignent une augmentation du risque sismique et volcanique et certains la perçoivent comme quelque chose susceptible de nuire, voire de détruire l'environnement. Les élèves de Guadeloupe et de Martinique sont également globalement favorables à l'exploitation de cette énergie et la perçoivent surtout comme quelque chose de positif en faisant le lien avec l'environnement et le développement durable.

Les conceptions utilitaires qui caractérisent la Dominique se différencient des conceptions volcano-industrielles de Guadeloupe et environnementales de Martinique. En Martinique, la géothermie est perçue comme une énergie renouvelable et un lien fort avec l'environnement ressort. Les conceptions exprimées en Dominique se caractérisent par l'idée que la géothermie est utile au développement économique du pays mais n'est pas en accord avec la Nature et n'intègre pas une logique de développement durable. Il se peut que ces conceptions aient été construites suite aux projets antérieurs de géothermie sur ce territoire et à leurs déboires médiatiques.

En Guadeloupe, le lycée de Pointe-Noire se distingue très clairement des autres lycées pour la plupart des questions. L'effet du contexte local est ici très présent, les conceptions sont fortement liées à la centrale de Bouillante. La figure 75 (p. 154) montre une étonnante proximité sur l'axe F1 entre les réponses obtenues au Lycée de Pointe-Noire et celles obtenues en Dominique, sur la dimension des connaissances. Dans ces deux endroits, des représentations technologiques et industrielles ressortent. La grande particularité des réponses obtenues dans le lycée de Pointe-Noire, par rapport aux autres établissements de Guadeloupe, est probablement liée à la proximité de l'usine de Bouillante. La géothermie peut être considérée, à l'instar de De Lacaze (2015) comme un objet de contexte à l'échelle du territoire. En effet, les objets de contextes sont des spécificités environnementales propres au territoire guadeloupéen, et dans le cas de Pointe-Noire, propres à la zone proche Bouillante.

Les conceptions de la géothermie en Guadeloupe sont différentes chez les élèves du lycée de Pointe-Noire, qui est le plus proche de la centrale de Bouillante, et dont les élèves interrogés sont ceux de notre enquête qui vivent à proximité de la centrale (il n'y a pas de lycée à Bouillante et la plupart des écoliers de Bouillante sont scolarisés à Pointe-Noire). En revanche, nous soulignons que les relations entre les conceptions de la géothermie et la distance à la centrale ne sont pas étudiées dans notre enquête. Ainsi, même si cette dernière nous permet d'aborder des pistes d'hypothèses concernant cette relation, elle ne nous permet pas de les vérifier.

Les analyses statistiques réalisées sur les questionnaires montrent des différences significatives dans les réponses en fonction de l'île interrogée. La géothermie dans ces trois îles n'est pas perçue de la même manière. L'hypothèse énoncée concernant l'impact du contexte sur la construction des conceptions est ainsi vérifiée. En effet, il existe des liens forts entre les conceptions de la géothermie, et le contexte géothermique du territoire.

2.5.3. Vers une analyse des conceptions alternatives

Les dessins récoltés (926 dessins) constituent un corpus important pour la recherche sur les conceptions de la géothermie. Les dessins offrent généralement une multitude d'analyses possibles, et dans notre cas, ils sont pour la plupart très détaillés, mais aussi très diversifiés. Nous en avons, dans le cadre de cette recherche, effectué plusieurs analyses et en avons détaillée deux (issues des deux traitements (cf. 2.3.2. Méthodologie de traitement du questionnaire , question 4, p. 105).

Beaucoup d'études sur les conceptions s'intéressent aux dessins : Orange (1995) étudie les conceptions des volcans portées par des élèves en leur faisant dessiner ces derniers, Gouanelle et Schneeberger (1995) s'intéressent à des dessins de fossiles, Clément (1991) et Giordan et Martinand (1988) observent les conceptions sur la digestion, et bien d'autres auteurs associent les conceptions et les dessins. Ces recherches, pour la plupart, explorent les conceptions spontanées d'individus, et mettent l'accent sur ce que, dans la littérature anglo-saxonne, certains auteurs tels que Dove (1998), Francek (2013) ou encore Tortop (2012) appellent les « *misconceptions* ». Comme, nous l'avons déjà expliqué dans la partie théorique, nous parlons plutôt de conceptions alternatives, dans le sens où ces conceptions, que nous cherchons à décrire, peuvent ne pas être en adéquation avec le savoir de référence (cf. 1.3.2.5. Les conceptions, p. 55). Il s'agit de conceptions qui peuvent différer des connaissances scientifiques partagées socialement à un moment donné, et des connaissances techniques ou expertes (Johnsua, 1998). Ces auteurs définissent ces conceptions comme pouvant faire obstacle à la compréhension des concepts. Leur analyse peut permettre de mieux cerner des difficultés que rencontrent les apprenants dans la construction des concepts et ainsi les aider à faire évoluer leurs idées. Nous ne sommes pas dans une logique d'évaluation, l'objet n'est pas d'émettre un jugement sur ces conceptions, nous cherchons à les comprendre afin de déceler des idées qui pourraient devenir des obstacles épistémologiques (Bachelard, 1938) dans le cadre d'un apprentissage.

L'analyse effectuée sur les dessins récoltés dans les trois îles a mis en exergue certaines connaissances qui ne sont pas en adéquation avec les connaissances scientifiques de référence. Ces conceptions alternatives sont d'ailleurs parfois partagées par un ensemble d'individus. Une analyse

plus poussée pourrait permettre de les mettre en évidence mais il est d'ores et déjà possible d'en citer quelques-unes, parmi les plus frappantes.

Une extraction de chaleur ou d'énergie

Les dessins représentant une installation géothermique ou une usine avec une récupération de chaleur provenant du sol sont très nombreux. Ces dessins illustrent un tuyau allant d'une installation vers le sous-sol avec l'extrémité des tuyaux ouverte. La plupart de ces dessins ne mentionne pas la présence d'eau ou d'une nappe phréatique. Souvent, des flèches montrent un phénomène de déplacement de chaleur ou d'énergie, mais la matière ou le fluide transportant cette chaleur n'est pas décrit. Il semble que les élèves ne représentent jamais le vecteur de la chaleur, le fluide. Bien souvent l'énergie est même directement récupérée dans le sol (figures 84 et 85).

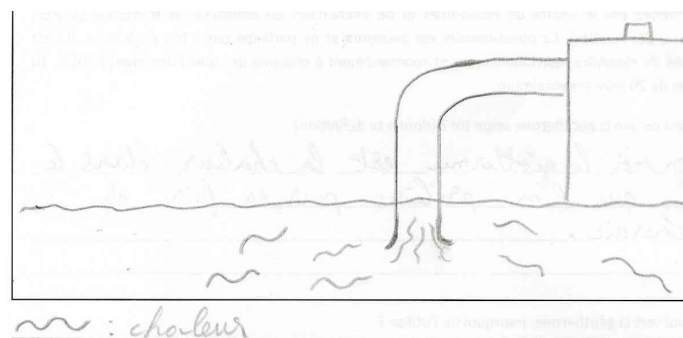


Figure 84 : Dessin de la géothermie comme l'extraction de la chaleur

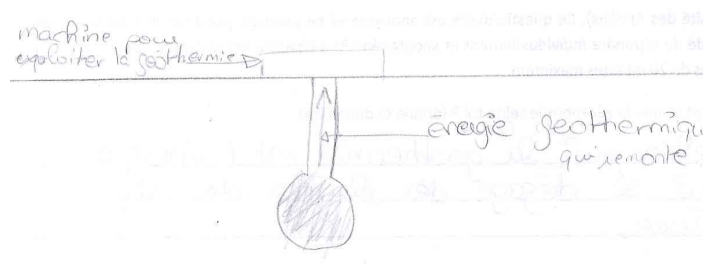


Figure 85 : Dessin de la géothermie comme l'extraction de l'énergie

Association à l'hydroélectricité

Nous avons constaté que certains dessins en Dominique représentent la centrale hydroélectrique de Trafalgar (proximité d'une cascade, du courant d'une rivière, ou dessins du bâtiment d'exploitation près de Trafalgar). Cette confusion est certainement due au fait que les projets de géothermie très médiatisés sont censés se dérouler dans la même zone. Il se peut que les élèves, lorsqu'ils voient cette usine, pensent qu'il s'agit là de la centrale géothermique non encore en activité (figure 86).



Figure 86 : Dessin de la géothermie associée à l'hydroélectricité

L'énergie du volcan

Certains des dessins récoltés illustrent une récupération d'énergie directement sur le volcan. L'association entre le volcan et la géothermie est faite de manière directe. Dans d'autres cas, la lave est prélevée pour produire de l'énergie (figure 87).

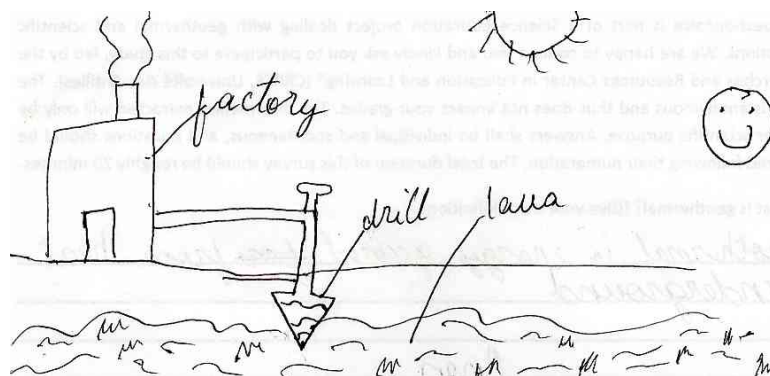


Figure 87 : Dessin de la géothermie comme une extraction de lave

Cette association entre géothermie et volcan n'est pas erronée. En revanche, elle pourrait constituer un obstacle lors d'un apprentissage du concept global de la géothermie. L'exploitation géothermique de haute température n'étant pas nécessairement proche d'une zone d'activité volcanique, il peut être difficile, pour un élève faisant une pareille association, de concevoir que de telles exploitations puissent se réaliser dans d'autres contextes géologiques. Par exemple, elle peut se faire à de très grandes profondeurs, dans des zones où il n'y a pas d'activité volcanique, proche d'intrusions plutoniques (Lardarello, Italie), ou encore dans des cavités souterraines comme dans d'anciennes mines au Canada. Par ailleurs, la géothermie basse température se fait dans des zones où il n'y a pas d'activité volcanique (réseau de chaleur, installations individuelles). Ce type de géothermie peut être difficilement concevable si le lien avec le volcanisme est ancré. Le contexte géothermique de la Guadeloupe et des îles des Antilles tend à associer la géothermie à l'activité volcanique. Le lien de causalité établi entre les deux phénomènes peut créer un obstacle à la compréhension du concept. Par exemple, ce lien ne prend pas en compte d'une part, tous les autres éléments nécessaires à l'identification d'une ressource exploitable (nappe phréatique, réseau de failles...) et d'autre part, il fait abstraction des autres types de géothermie.

Par ailleurs, cette relation au volcanisme identifiée dans les conceptions des élèves nous interpelle sur la conception du volcan. Le volcan en lui-même est un objet dont les conceptions sont très différentes selon les contextes. Les travaux (en cours) de Auður Pálsdóttir, chercheur et professeur à l'université d'Islande, illustrent ces différences en montrant que les dessins de volcans réalisés par des enfants en Islande et dans d'autres pays d'Europe sont très différents ; les enfants des pays d'Europe dessinent automatiquement des cônes alors que les enfants d'Islande représentent des choses bien plus diversifiées, comme des volcans plats par exemple (ce qui est certainement dû au contexte volcanique très particulier de cette île).

Finalement, s'intéresser à la didactique d'un domaine spécifique et aux conceptions des apprenants dans ce domaine c'est aussi s'intéresser aux conceptions et à la didactique d'autres concepts. La didactique de la géothermie nécessite de s'intéresser aux notions de volcan et de volcanisme. Les conceptions d'objets ou de concepts différents sont interconnectées. Il s'agit d'un réseau de conceptions complexes.

2.5.4. Les conceptions comme ressources à la pédagogie

Ces quelques conceptions alternatives décrites, parmi celles existantes et pouvant faire l'objet d'une analyse plus poussée, peuvent faire obstacle à la construction d'un savoir. L'enjeu d'un enseignement peut être de parvenir à faire surmonter leurs obstacles aux élèves. Ainsi, la mise en place de pédagogies par objectif obstacle, c'est-à-dire utilisant les obstacles comme vecteur de l'apprentissage, peut être un outil pour la compréhension des concepts liés à la géothermie.

Les conceptions sont par ailleurs fortement liées aux territoires. L'analyse des dessins montre les liens forts entre la géothermie et des éléments contextuels (volcanisme, centrale...) qui peuvent créer des obstacles. Ces obstacles peuvent être levés par des confrontations à d'autres contextes. Ainsi, lorsque les contextes sont pris en compte, ils peuvent servir d'outils à l'apprentissage. La troisième partie de ce manuscrit s'intéresse à l'utilisation des conceptions et des contextes dans l'enseignement. Ainsi, nous allons décrire la mise en place d'une expérimentation pédagogique utilisant les contextes internes et externes (Van Wissen et al., 2013) dans le cadre d'une pédagogie innovante.

3. Un projet pédagogique innovant sur la géothermie

3.1. Introduction et problématiques

Ce troisième chapitre de la thèse s'inscrit dans le champ de la contextualisation didactique. Le constat que nous avons fait dans la partie précédente d'une forte relation entre les conceptions portées par un acteur et le contexte géographique dans lequel se sont construites ces dernières, nous amène à nous interroger sur la prise en compte des contextes dans l'enseignement. Tout comme d'Acioly-Regnier et Regnier (2005), nous défendons l'idée que les contextes d'apprentissage peuvent être à l'origine d'obstacles qui vont influencer le développement conceptuel. La création de situations particulières dans lesquelles des apprenants sont amenés à confronter leurs conceptions d'un objet permet de générer des conflits sociocognitifs nécessaires à l'apprentissage. Nous avons également constaté l'existence d'effets de contextes dans de nombreuses situations didactiques énoncées en partie théorique. Ces effets constituent bien souvent des blocages à l'apprentissage. Nous souhaitons ici étudier les effets de contextes, et nous en servir à des fins d'apprentissage. Effectivement, comme définis plus haut dans la partie théorique de ce manuscrit, les effets de contextes sont la manifestation de décalages entre deux contextes. Ils sont finalement le résultat d'un conflit cognitif. Les effets de contextes peuvent, selon nous, émerger de deux manières différentes :

- soit par un décalage entre une conception portée par un acteur (ici l'apprenant) et une observation du réel ou de l'environnement qui l'entoure ;
- soit par un décalage entre les conceptions portées par deux acteurs ou plus, se manifestant lors d'une interaction.

En d'autres termes, les effets de contextes peuvent se traduire par un conflit cognitif ou par un conflit sociocognitif. Afin d'étudier des effets de contextes, et de s'en servir pour l'apprentissage, il semble nécessaire de faciliter leur manifestation. Pour ce faire, deux approches semblent possibles :

- la démarche d'investigation dans le contexte : celle-ci permet à l'apprenant de confronter ses conceptions à une donnée issue d'une observation, d'une lecture, d'un constat dans son environnement ;
- la mise en interactions de deux acteurs porteurs de conceptions éloignées, à des fins de collaborations, par exemple, dans le cadre d'un projet pédagogique.

Par ailleurs, l'« *inquiry based science education (IBSE)* » ou démarche d'investigation en sciences peut permettre la mise en œuvre de phases de « *discussion collective conduisant à l'identification d'un problème à investiguer* » et « *de phases de travail en petits groupes visant à déterminer les hypothèses à explorer* ». Ce sont des « *occasions pour les élèves de faire l'épreuve de conflits sociocognitifs* » (Bächtold, 2012, p. 10). Ainsi, une pédagogie alliant la démarche d'investigation en contexte et le travail collaboratif entre acteurs aux conceptions éloignées peut permettre de faciliter l'apparition de conflits cognitifs et sociocognitifs. Deux questions se posent alors : comment identifier des apprenants ayant des conceptions éloignées ? Comment identifier des contextes éloignés ?

Ce chapitre de la thèse s'intègre à un projet de recherche nommé TEEC (Technologies Éducatives pour l'Enseignement en Contexte). Ce projet, né d'un financement franco-qubécois, se base sur les théories de Forissier et al. (2013, 2014). Ses objectifs sont de créer un système tutoriel intelligent capable de modéliser le contexte (intégrant le Mazcalc, l'outil permettant de calculer les écarts de

contextes) et de mener plusieurs expérimentations pédagogiques itératives. L'ambition finale est de mettre à disposition des outils de scénarisation permettant aux enseignants de construire des pédagogies facilitant l'apparition d'effets de contextes (Bourdeau, 2017).

L'objectif à long terme du projet TEEC est finalement de conceptualiser une pédagogie basée sur les effets de contextes. Cette conceptualisation ne peut se faire que par une vérification de la robustesse du design et donc par l'élaboration répétée à différents profils d'étudiants et d'élèves, mais également sur différents objets d'études pouvant s'intégrer dans différentes disciplines et expérimentations pédagogiques. Par ailleurs, une telle situation d'expérimentation requiert une étroite coopération entre des enseignants et des chercheurs. Ces contraintes ont permis au projet TEEC de s'intégrer dans une méthodologie de *design-based research* (DBR), fondée sur la collaboration entre enseignants et chercheurs et sur la répétition d'expérimentation permettant des allers-retours constructifs entre laboratoire et terrain.

« Les méthodologies de type design-based research consistent dans la conduite d'un processus itératif qui articule des phases de conception d'interventions éducatives pouvant prendre la forme d'artefacts, de dispositifs techno-pédagogiques ou de programmes éducatifs, de leur mise en œuvre à des niveaux variés (activité de classe, séance, programmes ou interventions à l'échelle de l'établissement scolaire) et l'analyse des résultats de ces pratiques éducatives réalisées de manière collaborative entre chercheurs et praticiens. » (Sanchez et Monod-Ansaldi, 2015, p. 79).

Ce chapitre de la thèse se consacre à la description, à la construction et à la mise en place d'un design pédagogique basé sur les effets de contextes. Nous décrivons d'une part, la création d'un outil numérique permettant une modélisation des contextes et effets de contextes, et d'autre part, une expérimentation pédagogique basée sur les effets de contextes calculés. Les prédictions du calculateur relatives aux effets de contextes seront appliquées à une situation didactique réelle, sur le sujet de la géothermie. L'expérimentation met en jeux des classes de Montréal et de Guadeloupe. La partie expérimentale de cette étude, réalisée avant la création officielle du projet TEEC, constitue ainsi une des itérations préalables expérimentales du projet (figure 88).

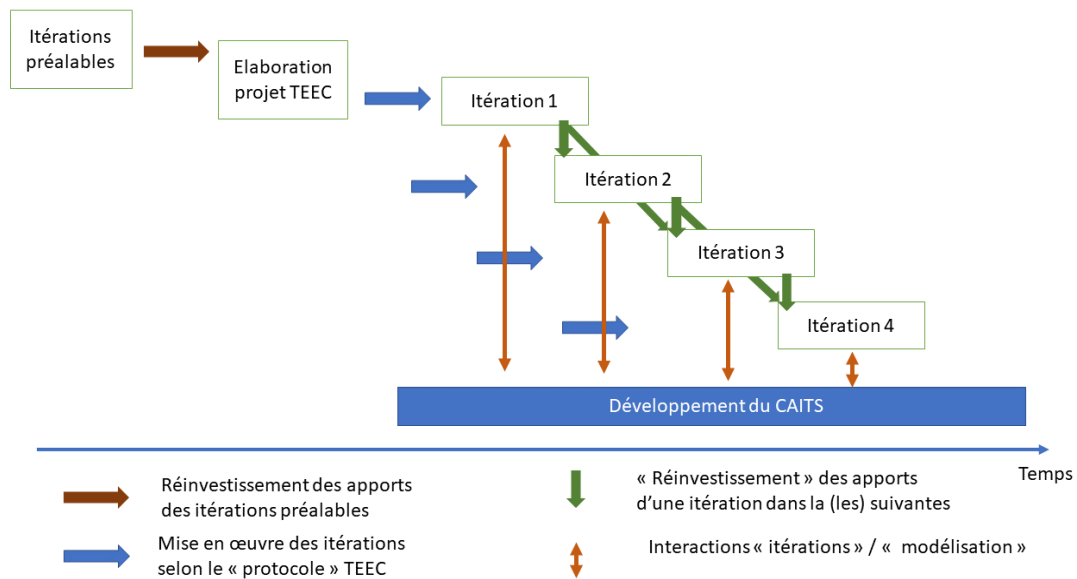


Figure 88 : Déroulement et chronologie des événements du projet TEEC (d'après un document interne au CRREF)

Pour identifier les écarts de contextes externes, un calculateur de contextes a été créé. Ce calculateur a pour ambition de modéliser des contextes, relativement à l'objet d'étude, et de les comparer. La comparaison des différents modèles créés à partir de contextes géothermiques distincts, génère un calcul révélant des écarts de contextes. Le postulat de base du projet est que les écarts de contextes calculés par le Mazcalc permettent de prévoir l'émergence des effets de contextes. En conséquence, afin de construire un enseignement basé sur les effets de contextes, un scénario pédagogique pourra être créé en fonction des écarts de contextes calculés.

Les trois questions de recherches énoncées dans la partie théorique de la thèse et auxquelles nous allons tenter de répondre sont les suivantes :

Comment créer des enseignements basés sur les effets de contextes ?

Peut-on prédire l'émergence des effets de contextes ?

Qu'est-ce qui caractérise un effet de contextes ?

Trois niveaux d'hypothèses spécifiques à ce chapitre ont été formulés :

Hypothèse de niveau 1 : la pédagogie

Une pédagogie qui intègre les effets de contextes peut être mise en place par une approche par objectif obstacle. Les approches didactiques par objectif-obstacle (Martinand, 1986) ont démontré leur efficacité en sciences pour l'élaboration de situations problèmes. Dans notre cas, une telle approche permettra d'utiliser les contextes et effets de contextes comme obstacles à l'apprentissage. La démarche d'investigation en contexte permettra d'ancrer les connaissances contextuelles chez les apprenants, et les collaborations entre des étudiants de contextes éloignés permettent de générer des « *clashes* » dans des conceptions de ces apprenants, et c'est ce qui génèrera les effets de contextes. Nous pensons qu'un scénario pédagogique ainsi basé sur les effets

de contextes permettra de générer des obstacles à la compréhension des concepts, puis que les interactions sur ces incompréhensions permettront générer un apprentissage.

Hypothèse de niveau 2 : le Mazcalc

Comme observé dans le chapitre précédent, il existe de grandes différences entre les conceptions déclarées d'apprenants vivant dans des contextes, au sens de lieux géographiques ou d'environnement différents. En fonction de leur contexte, les apprenants possèdent des conceptions différentes d'un objet d'étude, en l'occurrence ici, de la géothermie. Afin de prédire ces écarts dans les conceptions d'apprenants, il faut pouvoir détecter des écarts dans les contextes externes. Nous pensons donc que la modélisation de différents contextes géothermiques et le calcul d'écart entre ces deux contextes permettrait de prévoir des écarts dans les conceptions d'apprenants issus de ces différents contextes.

Hypothèse de niveau 3 : les effets de contextes

Les effets de contextes peuvent être identifiés dans des vidéos d'interactions entre étudiants et peuvent être décrits par des analyses verbales, para-verbales et non verbales

3.2. Méthodologie de recherche : principe général

Le design pédagogique à mettre en place pour la réalisation de l'expérimentation s'organise dans deux contextes différents autour d'un même objet d'étude. Dans notre cas, nous travaillons sur le sujet de la géothermie dans deux classes de contextes distincts, l'une en Guadeloupe et l'autre à Montréal.

Comme nous l'avons déjà abordé en partie théorique, la géothermie est l'étude de la chaleur de la Terre mais aussi la technologie visant à exploiter cette chaleur à des fins énergétiques. Le contexte géothermique est quelque chose d'assez complexe. Il peut être défini par d'autres concepts tels que le contexte géologique, politique ou encore économique et industriel. Au niveau géologique, le socle canadien est principalement constitué de roches anciennes datant du Précambrien. Ces roches sont froides et la température du sol au Canada reste en moyenne constante. À Montréal, la géothermie est exploitée essentiellement pour réguler la température dans des bâtiments, c'est la géothermie de basse énergie. Les îles de la Caraïbe sont, quant à elles, le résultat de la subduction des plaques atlantiques sous la plaque caraïbe. Il s'agit de formations géologiques récentes datant du quaternaire, ayant un fort potentiel pour la géothermie de haute et très haute énergie. En Guadeloupe, ce potentiel est exploité et l'usine de Bouillante produit environ 8% de l'électricité guadeloupéenne. Dans ces deux régions, la géothermie peut donc être perçue de manière très différente.

Afin de mesurer les écarts entre les contextes géothermiques de Guadeloupe et de Montréal, une modélisation de ces contextes doit être réalisée et implémentée afin de générer un calcul d'écart qui permettra de prévoir l'émergence des effets de contextes.

La première étape de notre expérimentation consiste donc à créer le Mazcalc. Pour cela nous avons travaillé en collaboration avec Roger Nkambou²⁴ afin de définir une architecture de l'outil informatique. Le logiciel a été créé à partir du logiciel Excel. Une fois qu'il a été élaboré, nous l'avons implémenté avec le sujet de la géothermie et avons calculé les écarts entre les contextes géothermiques de Guadeloupe et de Montréal. Les écarts de contextes calculés ont ensuite été utilisés par les enseignants pour créer le scénario pédagogique. Le scénario pédagogique doit être le même des deux côtés afin que les étudiants puissent travailler ensemble. Il doit être basé sur les écarts de contextes calculés afin de faciliter l'émergence des effets de contextes.

Une fois cette étape préliminaire achevée, l'expérimentation a pu commencer. Son objectif est de faire travailler des étudiants sur différentes thématiques de la géothermie, propices aux effets de contextes, en s'inspirant de la méthode Jigsaw (Aronson, 1978), et d'étudier des relations entre apprentissages et effets de contextes. Notre objectif est de réussir à observer ces effets de contextes afin de mieux les décrire.

Dans un premier temps, nous présentons le Mazcalc et la méthodologie que nous avons employée pour sa création, avec tout d'abord son vocabulaire, son architecture et l'organisation de sa création et de son utilisation. Puis, nous décrivons le prototype qui a été réalisé et la manière dont il a été

²⁴ Roger Nkambou, professeur au laboratoire de recherche en gestion, diffusion et acquisition de connaissances (GDAC), UQAM, Montréal.

construit. Enfin, nous illustrons les résultats obtenus après les calculs d'écart entre les deux contextes géothermiques.

Dans un deuxième temps, nous présentons l'expérimentation pédagogique avec, tout d'abord son organisation prévisionnelle et réelle, les données récoltées puis, les analyses réalisées sur les données.

Enfin nous discuterons des résultats dans une partie concluant le chapitre.

3.3. La modélisation du contexte

3.3.1. Le MazCalc, un outil complexe

Dans le cadre de la conceptualisation de notre design pédagogique, un prototype du Mazcalc a été créé grâce au logiciel Excel. À long terme, l'ambition est de bâtir une plateforme informatique accessible en ligne, afin de favoriser les collaborations entre enseignants, chercheurs et experts. Ce prototype Excel a pour objectif de qualifier et de quantifier les écarts de contextes, vis-à-vis d'un objet d'étude. Pour ce faire, l'outil doit pouvoir modéliser des contextes.

3.3.1.1. *Le vocabulaire du Mazcalc*

- Un contexte est toujours défini relativement à un **Objet d'étude** (par exemple ici, la géothermie). C'est l'objet qui est modélisé dans différents contextes (par exemple ici, Montréal et la Guadeloupe) ;
- l'objet d'étude est dépendant d'un ensemble de **Paramètres** (par exemple, le type de géothermie exploité, la profondeur moyenne d'exploitation...)
- à chaque **Paramètre** est associée une **Valeur** qui peut varier selon le contexte (par exemple la valeur pour le type de géothermie sera géothermie de basse énergie, pour le contexte montréalais) ;
- les paramètres possèdent des **Propriétés**, lesquelles définissent la manière dont ils vont être traités pour le calcul d'écart ;
 - les paramètres peuvent être **composites**, s'ils sont composites, le choix de la valeur du paramètre peut donner naissance à un nouveau paramètre, pouvant lui-même donner naissance à un autre paramètre ;
 - ils peuvent être de nature **quantitative** ou **qualitative** (le paramètre type de géothermie sera de nature qualitative, quand le paramètre profondeur de moyenne d'exploitation sera de nature quantitative) ;
 - les paramètres de nature quantitative peuvent comporter une échelle de variables **continues** ou **discrètes** (si l'échelle est continue, alors l'utilisateur devra entrer une valeur, si elle est discrète, l'utilisateur pourra sélectionner une valeur parmi un ensemble de valeur proposé) ;
 - les paramètres peuvent posséder une liste de variables **ordinales** ou **nominales** (si la liste est ordinale, alors les variables peuvent être classées dans un ordre, si elle est nominale, alors il n'est pas possible d'établir d'ordre, il s'agira de variables catégorielles) ;
- un paramètre fait partie d'une ou plusieurs **familles** de regroupement ;
- une famille de regroupement est utilisée pour partitionner le modèle et peut être :
 - un domaine d'investigation des étudiants
 - une échelle d'observation
 - une thématique d'observation de l'objet d'étude...

3.3.1.2. La création du Mazcalc

Différents niveaux de création et d'utilisation sont identifiés, et divers acteurs participent et collaborent à l'élaboration du logiciel, tous, encadrés par les chercheurs en didactique.

Niveau 1 :

Acteurs : concepteurs informaticiens.

Ce niveau consiste en la création de la structure du logiciel indépendamment de l'objet étudié. Il s'agit du cadre vierge correspondant au vocabulaire cité précédemment. Comme l'illustre la figure 89, dans cette étape, seul le squelette du logiciel est créé et aucun élément lié à l'objet d'étude n'est évoqué. Le concepteur informaticien crée la possibilité d'ajouter des paramètres (nom, définition), de leur attribuer des valeurs et prévoit l'implémentation des propriétés. Un exemple de propriété a été illustré, il s'agit de la propriété « composite ».

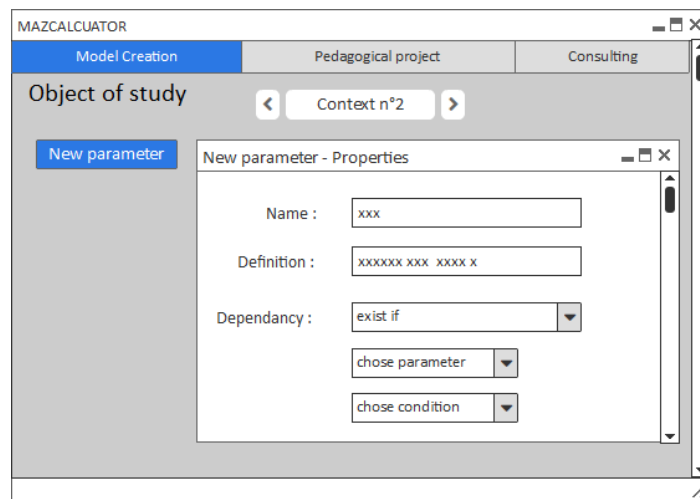


Figure 89 : Mockup illustrant la création du squelette du Mazcalc

Niveau 2 :

Acteurs : concepteurs experts de l'objet d'étude.

Cette étape consiste à créer tous les paramètres nécessaires à modélisation de l'objet d'étude, de leur attribuer une liste de valeurs possibles, et de définir les propriétés qui serviront pour le calcul d'écart. Ici, le regard de plusieurs experts permet que la totalité des paramètres pouvant définir un objet d'étude dans différents contextes, soit créée (figure 90).

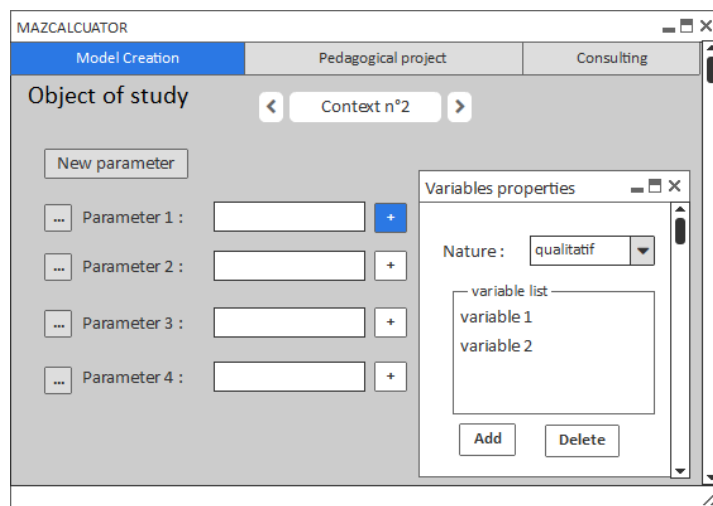


Figure 90 : Mockup représentant la création d'un modèle d'objet

Niveau 3 :

Acteur : spécialiste de l'objet d'étude dans un contexte particulier.

Cette étape consiste à implémenter le modèle d'objet pour un contexte particulier. Il s'agit de sélectionner les valeurs pour chaque paramètre. Il doit également être possible, à ce niveau, de créer un nouveau paramètre (figure 91).

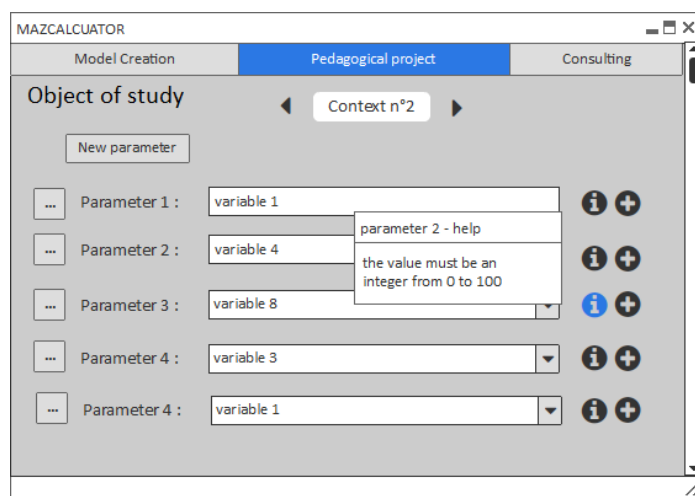


Figure 91 : Mockup illustrant l'implémentation d'un modèle objet pour un contexte spécifique

Niveau 4 :

Acteurs : utilisateurs (enseignants, apprenants, chercheurs...)

Les utilisateurs sélectionnent des contextes intéressants pour générer le calcul des écarts de contextes. Ils peuvent ensuite utiliser ces informations pour la création d'un scénario pédagogique cohérent pour les classes qui seront impliquées dans la pédagogie, et surtout qui sera basé sur les écarts les plus importants afin de faciliter l'émergence d'effets de contextes.

3.3.1.3. Utilisation du Mazcalc

Pour résumer, nous proposons une organisation de la collaboration entre acteurs du Mazcalc moins complexe et plus adaptée au le cadre d'expérimentations visant à tester cet outil.

Plutôt que de modéliser le contexte géothermique de la Guadeloupe et du Québec, seuls les éléments jugés pertinents par les enseignants souhaitant utiliser le logiciel comme outils à la création d'un scénario pédagogique mettant en avant les contextes seront modélisés. En ce sens, les calculs d'écart se feront sur les éléments adaptés aux contraintes pédagogiques (niveaux scolaires des élèves, objectifs d'enseignements, disciplines, contraintes institutionnelles...). Le rôle des différents acteurs du Mazcalc sont illustrés dans la figure 92.

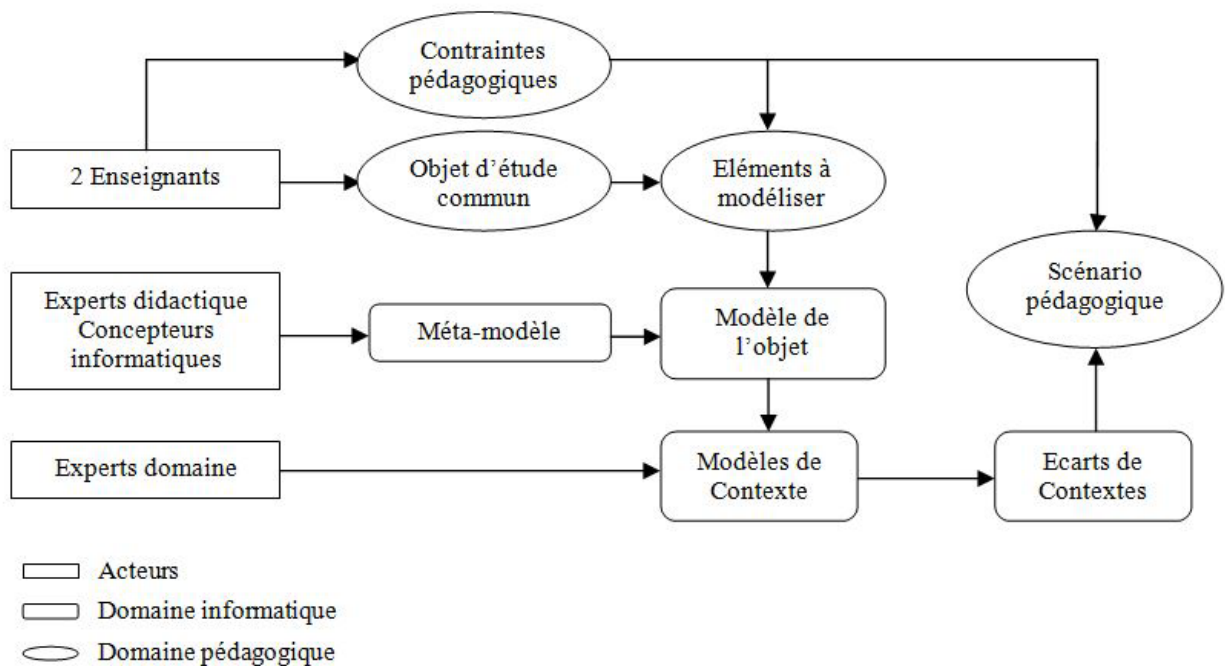


Figure 92 : Organisation des acteurs pour la création et l'utilisation du Mazcalc

Les chercheurs experts en didactique et concepteurs informatiques créent un méta-modèle du contexte, un langage permettant de modéliser un contexte et des outils permettant sa manipulation.

Deux enseignants de contextes différents, qui s'intéressent à un même objet d'étude (par exemple, la géothermie ou encore le volcanisme...) établissent deux ensembles d'éléments qui serviront à modéliser l'objet d'étude commun. Ces éléments dépendent d'un ensemble de contraintes liées au contexte pédagogique (tranche d'âge d'élèves, compétences à acquérir) mais dépendent aussi du contexte de l'objet (par exemple, type de géothermie exploité, contexte géologique...). Il est dit de ces deux ensembles qu'ils ont une intersection non vide.

Les éléments relevés par les enseignants sont modélisés sous forme d'un modèle d'objet contenant des paramètres et des constantes implémentables pour un contexte donné (par exemple, température moyenne nécessaire pour la géothermie haute énergie, profondeur de l'aquifère...).

Les experts du domaine étudié (et les enseignants) implémentent le modèle d'objet avec les données propres au contexte pour créer les modèles de contextes.

Le logiciel permet ensuite de comparer les deux contextes modélisés. Les écarts calculés, couplés aux contraintes pédagogiques techniques (durée de la formation, période, moyens disponibles...) permettent ensuite aux enseignants de créer un scénario pédagogique incluant des démarches d'investigation et des collaborations entre élèves des deux contextes. Ce scénario est construit de manière à donner une importance aux écarts de contextes afin de favoriser l'émergence des effets de contextes.

Le modèle de l'objet peut être réutilisé par d'autres enseignants s'intéressant au même objet d'étude pour la modélisation de leur contexte. Le scénario créé peut également être réutilisé par d'autres enseignants des mêmes contextes.

3.3.2. Création et implémentation du prototype du MazCalc pour le sujet de la géothermie

La caractérisation des éléments à prendre en compte pour la modélisation des contextes géothermiques au Québec et en Guadeloupe s'est faite en collaboration avec des chercheurs de L'INRS de Québec et des chercheurs de l'Université des Antilles en Guadeloupe²⁵, spécialistes du domaine de la géothermie. Ces collaborations ont permis d'établir une liste détaillée des paramètres pouvant définir un contexte géothermique. Ces paramètres ont tous été implémentés dans le prototype Excel du Mazcalc. Puis, des valeurs ont été attribuées à chacun d'eux en fonction du contexte à modéliser (géothermie en Guadeloupe et géothermie à Montréal) afin de générer le calcul d'écarts.

La figure 93 montre une vue d'ensemble de la feuille de calcul élaborée pour la modélisation des écarts de contextes géothermiques.

²⁵ Les chercheurs ayant participé à l'identification des paramètres du Mazcalc pour la géothermie sont Yves Mazabraud en Guadeloupe (UA), et Michel Malo et Jasmin Raymond au Québec (INRS).

Modélisation de contextes pour le domaine de la Géothermie									
FAMILLE	PARAMÈTRES	GUADELOUPE	QUÉBEC	Écart max	ÉCART	ÉCART FAMILLE			
Géologie générale	Type de formation géologique	Magmatique	3 Métamorphique	2	2	1	1,00	1,00	
	Âge de la formation géologique	Quaternaire	1 Précambrien	12	11	11	1,00		
	Type de roche	Volcanique	1 Foliée	1	2	1	1,00		
Géophysique	Type de géothermie exploitée	haute énergie	4 basse énergie	2	4	2	0,50	0,75	
	Valeur du flux de chaleur	250	7 pas d'information	ND	6	ND	ND		
	Potentiel géothermique	important	3 faible	1	2	2	1,00		
	Température de l'eau hydrothermale	> 150°C	5 10-30°C	2	4	3	0,75		
	Profondeur du toit de l'aquifère	1000-2000m	6 <200m	2	8	4	0,50		
Hydrogéologie	Type d'énergie produite par la géothermie	Electricité	2 Chaleur	1	1	1	1,00	0,25	
	Profondeur de l'aquifère	1000-2000m	6 <200m	2	8	4	0,50		
	pH du fluide	pas d'information	ND pas d'information	ND	6	ND	ND		
	dureté Th du fluide	pas d'information	ND pas d'information	ND	4	ND	ND		
Géomorphologie	porosité de la roche	pas d'information	ND pas d'information	ND	5	ND	ND	0,83	
	nature du fluide	eau météorique	1 eau météorique	1	4	0	0,00		
Structurale	Type de relief	Vallée	7 Plateau	2	6	5	0,83	0,83	
Industrie	Zone géodynamique	Frontière de plaque	2 Intra plaque	1	1	1	1,00	1,00	
	Présence d'un réseau de failles	oui	1 pas d'importance	3	2	2	1,00		
	Type de géothermie exploitée	haute énergie	4 basse énergie	2	4	2	0,50	0,83	
	Potentiel géothermique	important	3 faible	1	2	2	1,00		
	Stade du projet géothermique	Exploitation et mainte	8 Exploration	2	7	6	0,86		
	Types d'énergies renouvelables développées	Solaire	oui	1 oui	1	0	5		0,80
		Eolien	oui	1 non	2	1			
		Géothermique	oui	1 non	2	1			
Hydraulique		non	2 oui	1	1				
Biomasse	non	2 oui	1	1					
Type d'énergie produite par la géothermie	Electricité	2 Chaleur	1	1	1	1,00			
Climat	Climat de la région	Tropical	2 Tempéré	1	4	1	0,25	0,30	
	Température minimale enregistrée	>20°C	8 entre 10 et 20 °C	7	7	1	0,14		
	Température maximale enregistrée	entre 40 et 50 °C	6 entre 40 et 50 °C	6	5	0	0,00		
Environnement	Types d'énergies renouvelables développées	Solaire	oui	1 oui	1	0	5	0,80	
		Eolien	oui	1 non	2	1			
		Géothermique	oui	1 non	2	1			
		Hydraulique	non	2 oui	1	1			
		Biomasse	non	2 oui	1	1			

Figure 93 : Prototypage du Mazcalc pour le sujet de la géothermie

Dans un premier temps, une liste de paramètres a été créée. Les paramètres ont été regroupés en familles, comme expliqué plus haut, un paramètre peut apparaître dans plusieurs familles. Par exemple : « Profondeur du toit de l'aquifère » se situe dans la famille « Géophysique » et également dans la famille « hydrogéologie ».

Pour chacun des paramètres de nature qualitative, une liste déroulante de valeurs possibles a été établie (figure 94).

Type de formation géologique	Magmatique
Âge de la formation géologique	Sédimentaire
Type de roche	Métamorphique
Type de géothermie exploitée	Magmatique
	pas d'information

Figure 94 : Liste déroulante pour l'implémentation d'un paramètre

Pour les paramètres de nature quantitative, un bornage de valeurs acceptées a été créé, et une note contenant l'unité dans laquelle la valeur doit être entrée apparaît (figure 95).

Valeur du flux de chaleur	250
Potentiel géothermique	flux
Température de l'eau hydrothermale	valeur en mW/m ²
Profondeur du toit de l'aquifère	200m

Figure 95 : Implémentation d'un paramètre de nature quantitative et description de l'unité dans laquelle le paramètre est considéré.

Afin de pouvoir comparer les valeurs attribuées à chacun des contextes, les valeurs des paramètres qualitatifs et quantitatifs sont transformées en valeurs numériques (figure 96). Elles sont normalisées.

E6	=SI(D6="Sédimentaire";1;SI(D6="Métamorphique";2;SI(D6="Magmatique";3;SI(D6="pas d'information";"ND"))))					
	B	C	D	E	F	G
3						
4	PARAMÈTRES		GUADELOUPE		QUÉBEC	
5						
6	Type de formation géologique	Magmatique	3	Métamorphique	2	
7	Âge de la formation géologique	Quaternaire	1	Précambrien	12	

Figure 96 : Exemple d'une formule servant à normaliser les valeurs des paramètres

Pour chaque paramètre, il est possible de sélectionner la valeur « pas d'information », alors la valeur normalisée sera automatiquement « ND » (non disponible). Dans l'exemple, le type de formation géologique prendra la valeur « 1 » dans le contexte de la Guadeloupe si la valeur « sédimentaire » est sélectionnée, « 2 » si la valeur sélectionnée est « métamorphique », « 3 » si la valeur sélectionnée est « magmatique », et « ND » si la valeur sélectionnée est « pas d'information ».

Le calcul d'écart par paramètre se fait grâce à la valeur normalisée attribuée au paramètre. Si « ND » apparaît dans une des deux cases destinées aux valeurs numériques normalisées des contextes, alors le calcul d'écart ne peut se faire. Il n'est pas possible d'obtenir une valeur de l'écart entre les deux contextes pour ce paramètre.

Les propriétés relatives à chaque paramètre définissent les règles de calculs qui doivent être appliquées pour le calcul de l'écart. Par exemple, le paramètre « Type de formation géologique » possède une liste de valeurs non ordonnées. Cela signifie que pour deux contextes ayant un type de formation différent, l'écart sera de « 1 » pour ce paramètre. Si les types de formations géologiques sont les mêmes, l'écart sera de « 0 ». Le paramètre « Âge de la formation géologique » quant à lui, possède une liste déroulante composée de 12 valeurs ordonnées. Cela signifie que l'écart ne sera pas le même si les âges des deux contextes sont plus ou moins éloignés (figures 97 et 98).

PARAMÈTRES	GUADELOUPE		QUÉBEC		Écart max	ÉCART	
Type de formation géologique	Magmatique	3	Métamorphique	2	2	1	1,00
Âge de la formation géologique	Quaternaire	1	Précambrien	12	11	11	1,00

Figure 97 : Premier exemple d'écarts calculés pour deux paramètres de natures différentes (ordinales et nominales)

Dans ce cas, l'écart pour « Types de formation géologique » est de « 1 » car les formations sont différentes dans les deux contextes, et l'écart pour « Âge de la formation géologique » est de « 1 » également car les valeurs sélectionnées pour les deux contextes sont les deux extrêmes.

PARAMÈTRES	GUADELOUPE		PARIS		Écart max	ÉCART	
Type de formation géologique	Magmatique	3	Sédimentaire	1	2	2	1,00
Âge de la formation géologique	Quaternaire	1	Tertiaire	2	11	1	0,09

Figure 98 : Deuxième exemple d'écarts calculés pour deux paramètres de natures différentes (ordinal et nominal)

Dans ce cas, l'écart pour « Types de formation géologique » est toujours de « 1 » car les formations sont différentes dans les deux contextes, et l'écart pour « Âge de la formation géologique » est de « 0,09 » car les valeurs sélectionnées pour les deux contextes sont différentes, mais pas extrêmes.

Comme nous pouvons le constater, les valeurs des paramètres sont normalisées, elles sont transformées en une valeur numérique entière pour chaque paramètre. Ce chiffre apparaît dans la dernière colonne accolée à la valeur du paramètre pour les deux contextes, et c'est grâce à ce chiffre que le calcul d'écart peut se faire.

En fonction de la valeur choisie pour le paramètre « Type de formation géologique », la liste déroulante qui apparaîtra pour le « type de roche » ne sera pas la même (figures 99 et 100).

Type de formation géologique	Sédimentaire	1
Âge de la formation géologique	Quaternaire	1
Type de roche	Détritique	
Type de géothermie exploitée	Détritique	
Valeur du flux de chaleur	Chimique	
Potentiel géothermique	Biologique	
	pas d'information	
	important	

Figure 99 : Exemple de paramètre dépendant, le type de roche pour une formation sédimentaire

Type de formation géologique	Magmatique	3
Âge de la formation géologique	Quaternaire	1
Type de roche	Volcanique	
Type de géothermie exploitée	Plutonique	
Valeur du flux de chaleur	Volcanique	
Potentiel géothermique	Filonienne	
	pas d'information	
	important	

Figure 100 : Exemple de paramètre dépendant, le type de roche pour une formation magmatique

Le paramètre « Type de formation géologique » est un paramètre composite faisant du « type de roche » un paramètre dépendant. Le calcul d'écart du paramètre dépendant doit donc être pondéré en fonction de son niveau de dépendance. Ici, par exemple, il s'agit du deuxième niveau de dépendance, l'importance du paramètre est moitié moins grande, la valeur est donc divisée par deux lors du calcul d'écart de la famille. En supposant que le paramètre dépendant de niveau deux, donne lui-même naissance à un nouveau paramètre (dépendant de niveau trois), alors l'importance du dernier dans le calcul d'écart pour la famille sera moitié moins grande que pour son parent, donc devra être divisé par 4. Ces dépendances hiérarchisées créent un arbre illustrant le calcul (figure 101).

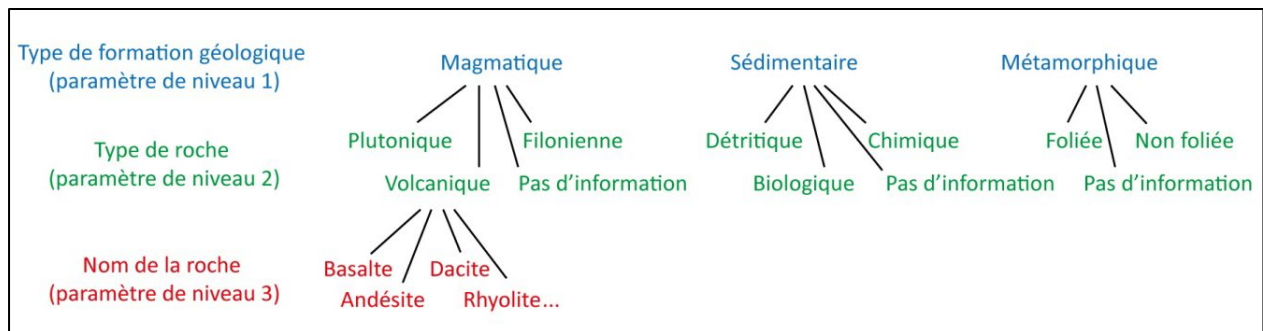


Figure 101 : Illustration de l'organisation de paramètres composites, exemple avec le paramètre « Type de formation géologique »

Si un paramètre appartient à plusieurs familles, alors celui-ci sera répété dans toutes les familles auxquelles il appartient. Les valeurs de ce paramètre, pour un contexte donné prendront automatiquement la valeur du premier. Ce paramètre aura donc la même valeur quelle que soit la famille dans laquelle on l'observe.

Le calcul d'écart se fait donc par paramètre, mais également par famille. Dans ce dernier cas il s'agit simplement d'une moyenne entre les paramètres composant la famille. Lorsqu'un des paramètres possède une valeur « ND » ou non disponible pour l'un des deux contextes, alors il n'est pas pris en compte dans le calcul d'écart de la famille.

3.3.3. Résultats du calcul d'écart

La représentation des écarts se fait sous forme de graphique. Il est possible de visualiser les écarts, soit par paramètre, soit par famille. Le graphique ci-après (figure 102) illustre les écarts calculés par famille, pour la géothermie en Guadeloupe et à Montréal.

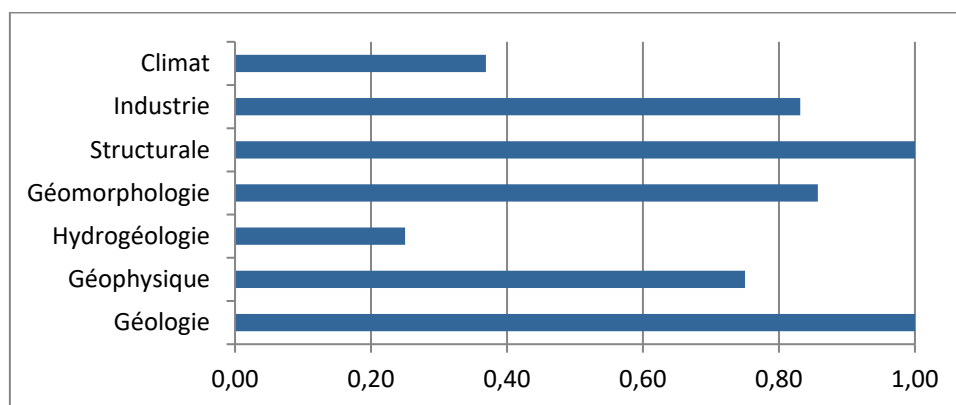


Figure 102 : Représentation des écarts de contextes par famille

L'histogramme ci-dessous (figure 103) illustre les écarts calculés par paramètre, pour la géothermie en Guadeloupe et à Montréal.

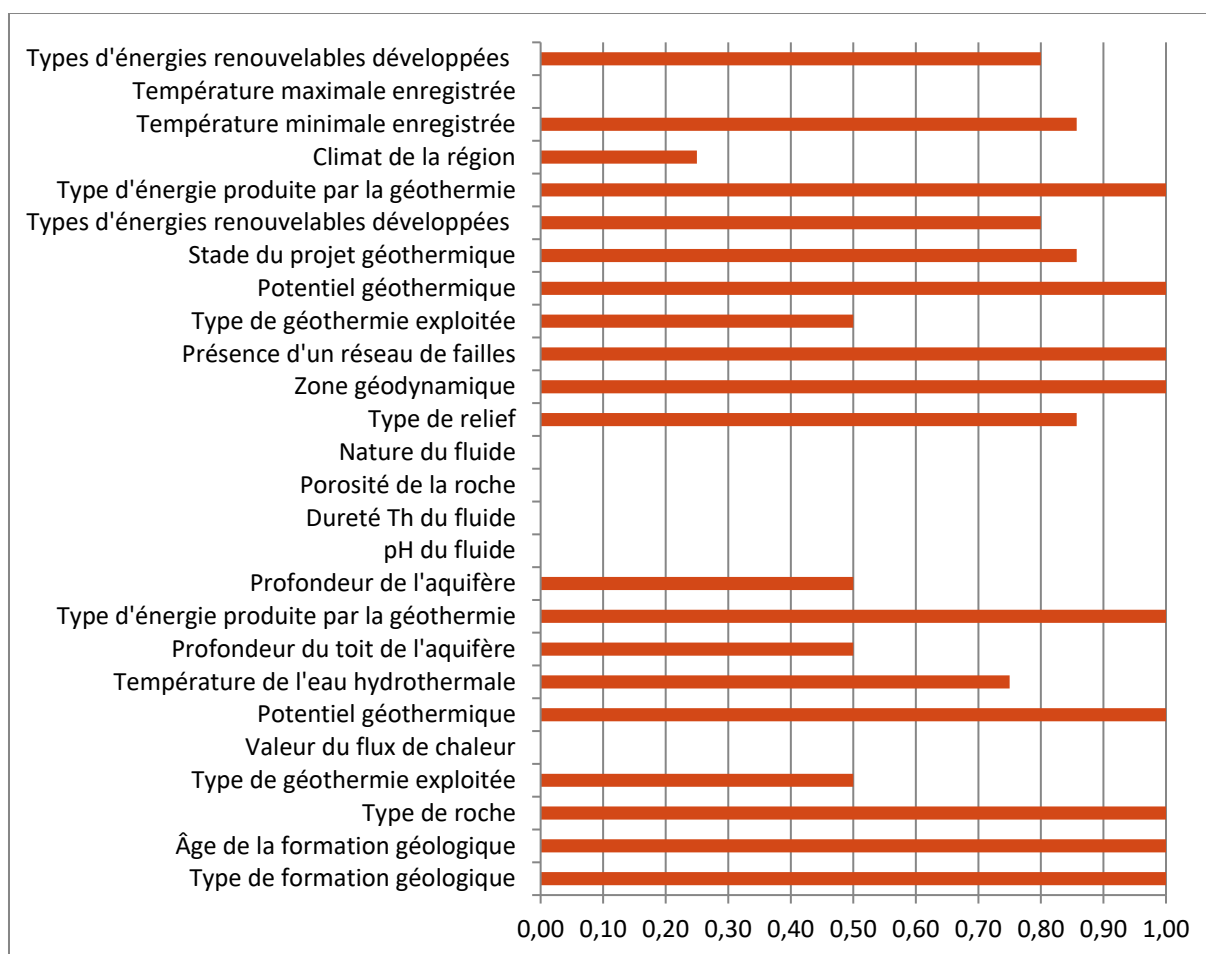


Figure 103 : Représentation des écarts de contexte par paramètre

Les deux graphiques fournissent un support qualitatif et quantitatif sur les éléments bien différents entre les contextes, concernant l'objet étudié. Ils peuvent ainsi servir de base ou d'inspiration aux enseignants pour la conception d'un scénario pédagogique favorisant l'émergence des effets de contextes. Ces résultats nous ont donné des pistes sur l'orientation pouvant être adoptée pour la création d'une expérimentation pédagogique sur le sujet de la géothermie entre des étudiants de Guadeloupe et de Montréal.

3.4. Présentation de l'expérimentation

3.4.1. Description de l'expérimentation

Afin de mettre en œuvre l'expérimentation pédagogique basée sur les effets de contextes, deux classes de niveaux équivalents de deux contextes géothermiques bien distincts ont été impliquées. Les deux contextes géothermiques sont celui de Guadeloupe et celui de Montréal au Québec.

L'avantage de cette collaboration est d'une part une langue commune rendant possibles les échanges entre chercheurs, enseignants et étudiants, et d'autre part, un décalage horaire d'au plus une heure, facilitant la coordination des séances.

En Guadeloupe, l'expérimentation s'est organisée dans une classe de l'École Supérieure du Professorat et de l'Éducation, composante de l'Université des Antilles, aux Abymes. Il s'agit d'élèves de niveau Master 1 et Master 2, en formation MEEF SVT (Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation en Sciences de la Vie et de la Terre). Les deux années du master ont été sélectionnées pour le projet en raison des faibles effectifs. En ce qui concerne le master 1, le choix des étudiants s'est fait sur une base de volontariat et 6 étudiants ont accepté de participer à l'expérimentation. En ce qui concerne le master 2, six étudiants n'étant pas en préparation du concours CAPES (Certificat d'Aptitude au Professorat de l'Enseignement du Second degré) ont participé. Le groupe Guadeloupe réunit donc 12 étudiants. Le module de cours sur lequel l'expérimentation a été réalisée s'appelle : « Innover en géologie ». Cet enseignement a pour but de familiariser les élèves avec les nouvelles techniques d'enseignement ainsi qu'avec le monde de la recherche dans le domaine de la géologie.

À Montréal, à l'UQAM, une classe de 26 élèves suivant un module de cours intitulé « Enseignement et apprentissage par projets en science et technologie au secondaire » (DID8543) a été sélectionnée. Cet enseignement est innovant pour le système éducatif du Québec car il met en jeu deux enseignants en « *team-teaching* ». Les enseignants animent le cours ensemble afin que les étudiants puissent profiter de l'expertise de chacun (un conseiller pédagogique en sciences et technologies et une docteure en didactique des sciences). Cela permet notamment de faire des ponts entre d'une part la recherche, et d'autre part la théorie et la pratique.

Durant la phase d'organisation du projet, un séjour à Montréal et à Québec a été organisé. Ce dernier a permis de rencontrer différents acteurs de la géothermie : Michel Malo et Raymond Jasmin (chercheurs à l'INRS de Québec), Louis Lamarche (enseignant à l'École des technologies supérieures de Montréal), Lise Parent (enseignante à la TELUQ de Montréal, spécialiste hydrologie). Ces acteurs, ayant accepté de participer au projet, constituent la liste des experts en géothermie côté Montréal.

Ce séjour a également permis de rencontrer des chercheurs en didactique : Frédéric Fournier et Jacqueline Bourdeau, ayant consenti à aider à l'organisation côté Montréal. Ils ont facilité la prise de contact avec des enseignants : Marie-Noël Bêty et Erik Sauvé. Ces derniers ont accepté de participer au projet avec leur classe, en tant qu'enseignants de science et technologie.

Du côté de la Guadeloupe la liste d'experts est constituée de : Yves Mazabraud (enseignant chercheur à l'Université des Antilles, spécialiste en géologie), Simon Viard (Ingénieur Géologue spécialiste dans les énergies), et Bernard Hira (Directeur qualité de la centrale Géothermie Bouillante).

Les collaborations et échanges avec les experts ont permis de renseigner le Mazcalc pour la modélisation des contextes géothermiques du Québec et de la Guadeloupe. La liste des experts était également fournie aux étudiants de l'expérimentation afin qu'ils puissent s'y référer et leur poser des questions dans le cadre de leur enquête.

3.4.2. Scénario et déroulement du projet pédagogique

3.4.2.1. Organisation pédagogique prévisionnelle

Afin de favoriser l'émergence des effets de contextes, des interactions sont nécessaires entre les apprenants de contextes différents ainsi que des investigations sous forme d'enquêtes menées dans chacun des deux contextes. L'organisation de la classe mise en place s'inspire de la méthode Jigsaw (Aronson, 1978). La méthode Jigsaw consiste à former des groupes de 4 à 6 élèves :

« travaillant sur le même thème, puis à assigner des sujets d'étude complémentaires à chacun des élèves de chaque groupe. Ainsi pour un cours portant sur l'économie d'entreprise, un élève travaillera sur la trésorerie, un autre sur le budget, un troisième sur le compte d'exploitation, etc. Dans un second temps, les élèves de chaque groupe, spécialistes du même domaine, se regroupent (ces nouveaux groupes sont appelés groupes d'experts). Après un travail d'échange, les élèves retournent dans leurs groupes Jigsaw d'origine et présentent leurs sujets. Cette méthode encourage les interactions entre élèves et valorise le travail de chacun » (George, Prévôt, Amghar et Pierson, 2004, p. 6).

Dans notre cas, l'organisation temporelle du scénario prévue s'organise selon quatre phases distinctes (figure 104). Les apprenants sont organisés en deux grands groupes (l'un au Québec, l'autre en Guadeloupe) et les groupes sont constitués de petites équipes. À chaque équipe d'un des deux groupes, correspond une équipe homologue de l'autre groupe avec laquelle des collaborations sont mises en place. Les flèches correspondent aux interactions.

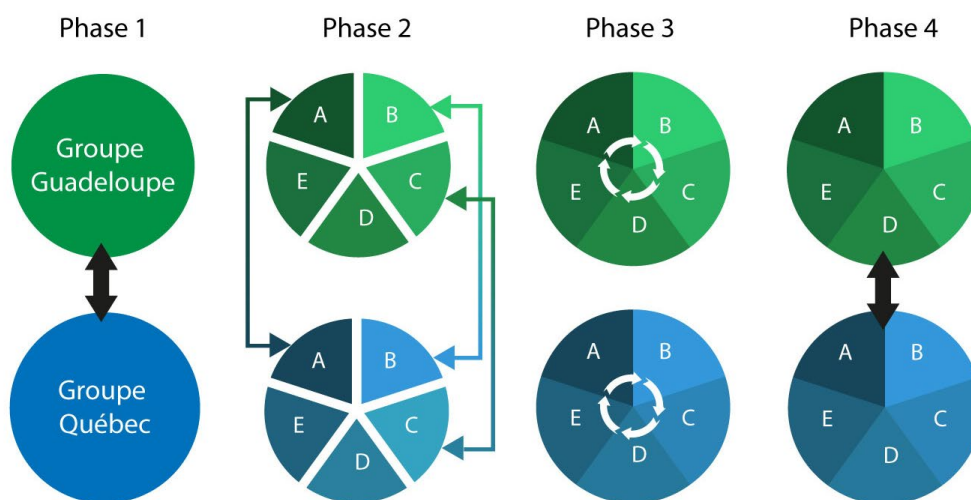


Figure 104 : Organisation pédagogique des interactions

Les quatre phases de l'expérimentation mises en place sont précédées d'une phase préliminaire hors pédagogie. Lors de cette phase, les questionnaires pré-test doivent être soumis aux étudiants (avant toute référence à l'objet d'étude). Les formalités administratives, de confidentialité, et de droit à l'image, auprès des étudiants doivent également être gérées avant de commencer le projet. Cette phase contient aussi une brève présentation du projet de recherche auprès des étudiants. Après

cette phase préliminaire, l'expérimentation en quatre phases débute. Le contenu prévisionnel de ces phases est détaillé dans le tableau 66.

Tableau 66 : Organisation pédagogique prévisionnelle de l'expérimentation

Phase 1	Présentation du scénario pédagogique Débat, choix de thématiques communes Échanges inter-groupes 1 séance	Après la présentation pédagogique, les étudiants doivent se mettre d'accord sur des thématiques communes d'un côté comme de l'autre. Pour ce faire, une visio-conférence entre les deux groupes-classe est mise en place. Enseignants : encouragent le débat, peuvent intervenir, questionner pour stimuler l'échange. Chercheurs : enregistrent les échanges.
Phase 2	Investigations scientifiques Échanges inter-équipes Plusieurs séances	Chaque thématique est investiguée par deux équipes, une côté Guadeloupe et une côté Montréal dans le contexte local. Des visio-conférences sont mises en place entre les équipes homologues pour échanger les idées et pistes d'investigation. Enseignants : guident les étudiants. Chercheurs : enregistrent des échanges.
Phase 3	Préparation de la présentation finale Échanges intra-groupes 1 ou plusieurs séances	Les étudiants préparent une présentation commune au groupe, en collaborant sur les différentes thématiques investiguées. Enseignants : guident les étudiants. Chercheurs : enregistrent des échanges.
Phase 4	Oral évaluation et débriefing Échanges inter et intra groupes 1 séance	Les étudiants présentent leurs conclusions sous la forme d'une présentation orale en visio-conférence entre groupes, ils peuvent également poser des questions sur les présentations de l'autre groupe. Un bilan et des discussions autour du projet sont organisés.

Scénario pédagogique

L'expérimentation s'est déroulée du 3 janvier au 6 avril 2016. En Guadeloupe, les séances étaient organisées selon une durée de deux heures, de 17h00 à 19h00. À Montréal, les séances duraient trois heures, de 18h00 à 21h00. Du 3 janvier au 13 mars, seulement une heure commune a été consacrée aux échanges, puis après le 13 mars, en raison du passage à l'heure d'été au Québec, deux heures étaient disponibles pour les échanges. Au total, six séances communes se sont déroulées sur les quatre mois, dont quatre avec une heure synchrone et deux avec deux heures synchrones.

Les modules de formation en Guadeloupe et à Montréal sont très inégaux en termes de nombre d'heures (14 heures pour Guadeloupe et 48 heures pour Montréal). En raison de ces contraintes pédagogiques, l'organisation de l'expérience a dû être adaptée, et le scénario pédagogique n'était pas exactement le même des deux côtés.

Les trois enseignants ont travaillé conjointement afin de créer un scénario pédagogique répondant aux objectifs de leur module de formation. La préparation s'est faite avec l'appui des chercheurs didacticiens, sur la base des écarts de contextes calculés par le Mazcalc.

L'objectif principal commun du scénario est de résoudre une situation problème en utilisant la pédagogie par projet. Ce faisant, les étudiants doivent mettre à profit une démarche d'investigation scientifique.



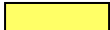

Le sujet communiqué aux étudiants concerne une entreprise de stockage de données numériques voulant s'implanter au Québec et en Guadeloupe et désireuse d'utiliser la géothermie, comme complément énergétique afin de faire des économies. La consigne était de mener une investigation par petites équipes en collaboration entre la Guadeloupe et Montréal, puis de travailler ensuite en collaboration au sein du groupe classe afin de trouver l'endroit sur le territoire, le plus propice pour l'installation de l'entreprise et donc de répondre au problème initial.

Organisation synchrone

Afin d'organiser les séances, un tableau a été réalisé lors de la phase de préparation de l'expérimentation, en collaboration entre les chercheurs didacticiens et les trois enseignants. Ce tableau a pour objectif de décrire le contenu prévisionnel de chaque séance et de visualiser les moments synchrones disponibles pour les phases d'interaction en visioconférence. Un tableau simplifié a été réalisé (tableau 67) présentant l'organisation prévisionnelle de chaque séance et le comparant avec ce qui a effectivement été réalisé. Le commentaire explicatif de chaque phase est détaillé ci-après.

Tableau 67 : Organisation effective de l'expérimentation pédagogique

		Montréal		Guadeloupe		
4 séances indépendantes au projet						
0	10/02	18h-21h	PRE-TEST, Présentation, choix thématiques	VACANCES		
Séance 1	17/02			PRE-TEST, Présentation, choix thématiques	17h30-19h	
		18h-19h	Prévisionnel : phase 1 et début phase 2 visio inter-équipes discussion des thèmes communs et début de l'investigation Réalisé : les problèmes techniques n'ont pas permis une communication de qualité Le début des investigations s'est fait par groupe			19h-20h
		19h-21h	Début de l'investigation pour Montréal			
Séance 2	24/02			Début de l'investigation pour Guadeloupe	17h-19h	
		18h-19h	Prévisionnel : phase 2 1h commune (communications sur les premières recherches) Réalisé : 2 visio équipes B et D			19h-20h
		19h-21h	2h Travail 1			
Séance 3	02/03			2h Travail 1	17h-19h	
		18h-19h	Prévisionnel : phase 2 1h commune (communications inter-équipes) Réalisé : 2 visio équipes A et C			19h-20h
		19h-21h	1h Travail 2 (1h d'examen hors projet)			
Séance 4	09/03			2h Travail 2	17h-19h	
		18h-19h	Prévisionnel : phase 2 1h commune (communications inter-équipes) Réalisé : 2 visio (équipes D et E)			19h-20h
		19h-21h	2h Travail 3			
Séance 5	16/03			2h Travail 3	17h-19h	
		18h-20h	2h communes : 1h phase 1 et 1h phase 2 Communications Réalisé : la séance de Guadeloupe n'a pas eu lieu			19h-20h
		20h-21h	1h Travail 4			
	23/03	18h-21h	Projet 2	REVISION CAPES		
	30/03	18h-21h	Projet 2	VACANCES		
Séance 6	06/04			1h Travail 4	17h-18h30	
		18h-19h30	1h30 commune : Phases 3 et 4 45' de présentations/évaluations croisées 40' de discussions débat retour sur le projet Réalisé			18h-19h30
		19h30-21h				
3 séances indépendantes du projet						

	Moments synchrones réussis
	Moments synchrones non réussis
	Moments asynchrones de travail sur le projet
	Moments hors projet

3.4.2.2. *Déroulement de l'expérimentation relativement aux phases prévisionnelles*

Phase 1

Malgré le faible décalage horaire entre la Guadeloupe et Montréal, la synchronisation des séances n'a pu se faire de manière optimale (horaires de cours prévues à l'avance et inflexibles côté Montréal et horaires de fermeture de l'école côté Guadeloupe nécessitant de quitter les lieux avant 19h). Comme le montre le tableau 67, les séances se sont déroulées les mercredis, de 18h à 21h côté Montréal et de 17h à 19h côté Guadeloupe, laissant une heure commune en heure d'hiver, et deux heures communes en heure d'été.

Afin que les deux groupes-classe soient rendus au même stade au moment synchrone, les pré-tests, formalités administratives d'éthique et de confidentialité, ainsi que la présentation du projet de recherche ont été réalisés avant, de manière asynchrone. Cela s'est fait lors de la dernière heure la séance précédente (séance 0) pour Montréal, et au début de la séance 1 pour la Guadeloupe.

Lors de la séance 0, la présentation des chercheurs et du projet de recherche s'est faite par visioconférence uniquement en présence de la classe de Montréal (enseignants et étudiants) et des chercheurs de Guadeloupe et Québec. Suite à cela, les enseignants ont présenté le scénario pédagogique et les consignes relatives à l'entreprise de stockage de données (annexe 9, p. 391). Les étudiants ont disposé d'une partie de la séance pour débattre au sein du même groupe-classe, et tomber d'accord sur cinq thématiques d'investigations permettant de répondre au problème de la consigne. Il est ressorti de cette séance côté Montréal, les cinq thématiques ou questions suivantes (nous les appellerons thématiques dans la suite du manuscrit) :

- Mécanismes de production d'électricité, comment produire de l'électricité avec la géothermie ?
- Quel est l'impact des types de sols, quelle est la chaleur massique des sols ?
- Modélisation d'un système de climatisation en circuit fermé avec un lac.
- Comment faire un système de chauffage utilisant la géothermie ?
- Comment rendre la géothermie plus efficace, quel liquide doit-on faire circuler dans le sol ?

Du côté Guadeloupe, la première séance s'est déroulée la semaine suivante. Le choix des thématiques pendant la première partie asynchrone de la séance s'est fait en premier lieu avec un listing de toutes les idées évoquées par les étudiants et de thèmes pouvant être reliés à la géothermie. Les idées ont toutes été notées sur le tableau et tous les étudiants ont pu être écoutés et proposer leurs idées ouvertement. Puis, ensemble, ils ont fait ressortir cinq idées générales ou thématiques.

Les thématiques retenues côté Guadeloupe dans un premier temps étaient les suivantes :

- aspect technologique : De l'exploitation de la ressource à la production d'énergie ;
- aspect économique : Intérêts financiers et énergétiques générés par la géothermie ;
- aspect environnemental : Impact de la géothermie sur l'environnement ;
- aspect géologique : Prospection de sites exploitables pour la géothermie ;
- aspect physique : Processus mis en jeu par la géothermie.

Le tableau ci-dessous (tableau 68) décrit les idées évoquées lors du brainstorming initial, réalisé de manière asynchrone.

Tableau 68 : Récapitulatif du brainstorming réalisé lors de la première séance

Guadeloupe	Montréal
Centrale géothermique	Géothermie
Energie – Chaleur	Production d'électricité
Anomalies thermiques retrouvées sur site exploité	On a déjà l'hydro-électricité qui est très accessible, quelle technologie pour produire de l'électricité ?
Production d'électricité	Chauffer par la radioactivité
Impact sur l'environnement	Faire tourner une turbine
Durabilité, espérance de vie de la centrale	Pas réaliste pour le Québec, différentiel de T0 pas assez grand, nécessité d'une pompe, il faut creuser profondément
Est-ce que c'est une énergie renouvelable ?	Où, localisation, température au nord (froid), au fond de l'eau, type de sol, rétention de la température
Redistribution de l'énergie, chauffage de l'eau	Aspect écologique, pas de végétation au-dessus, pas écologique
Mécanisme de production comment passe-t-on de la ressource à la production d'énergie et à la rentabilité ?	Climatisation, Récupération de la chaleur, on absorbe la chaleur du sol, chaleur du sol plus stable
Remontée de chaleur par conduction	Type de sol, terre : vallée du st Laurent meilleur potentiel
Moyen disponible pour l'exploitation	Roche, Bouclier Canadien moins de potentiel
Rentabilité énergétique	Géothermie passive, thermopompe, chauffe en été, refroidir en hiver, technologie ? Pas de moteur parce que trop énergivore
Rentabilité financière	Facteur influençant la géothermie, verticale / horizontale, quel est le meilleur ? Quel est la Température dans le sol ? Est-ce que le gradient augmente avec la Température ? Oui mais c'est plus stable par niveau

Une visioconférence a ensuite été lancée, pendant la dernière heure de la première séance commune (séance 1). Cette séance a permis aux deux groupes de se rencontrer et de se présenter puis de se communiquer leurs thématiques d'investigation. L'objectif du débat était, *in fine*, de tomber d'accord sur cinq thématiques communes. Les difficultés techniques rencontrées dues à la faiblesse du débit internet lors de l'interaction, a rendu l'échange très bref et peu concluant. Les étudiants n'ont pas pu communiquer de manière fluide et le débat n'a pas pu se faire.

Les thématiques des deux classes ne sont pas tout à fait les mêmes. Il est possible de constater que celles choisies par les étudiants de Montréal sont très précises, et directement reliées à une hypothèse d'expérimentation. Les mots utilisés pour la formulation des thématiques tels que « modélisation », « mécanisme », « comment faire » font référence à une action. Les thématiques de

Guadeloupe sont plus larges et font référence à des concepts plus vastes, « intérêts énergétiques et financiers », « impact environnemental ». Il est donc notable que les approches des deux côtés sont déjà très différentes.

Par ailleurs, il faut noter que le groupe de Montréal a commencé le projet avant celui de Guadeloupe, et que leurs séances ont été plus longues. De ce fait, les étudiants n'ont pas pu changer de thématique en cours de route, car ils avaient déjà commencé à travailler sur leur expérimentation. Il leur a donc été demandé de réfléchir à des concepts pouvant lier leurs travaux aux thématiques formulées par les étudiants de Guadeloupe.

La fin de la séance a été consacrée à la formation des cinq équipes de chaque côté (cinq équipes pour le groupe Guadeloupe et cinq équipes pour le groupe Montréal) devant donc travailler chacune sur une des thématiques. Chaque thématique devait donc être investiguée par une équipe de chaque groupe (une à Montréal et une en Guadeloupe).

Le challenge à ce moment-là a été de réussir à associer des thématiques de chaque côté en lien avec des concepts communs. Cette association s'est faite de la manière suivante :

A - De l'exploitation de la ressource à la production d'énergie

→ De l'exploitation de la ressource naturelle à la production d'électricité ;

B - Les intérêts énergétiques de la géothermie

→ Les différents domaines d'exploitation de la géothermie ;

C - Impact de la géothermie sur l'environnement

→ Comment refroidir un volume d'air à partir d'un volume d'eau froide tout en préservant les écosystèmes ;

E - Prospection de sites exploitables

→ Le milieu favorable pour une géothermie optimale ;

D - Processus géodynamique mis en jeu par la géothermie

→ Prospection de sites exploitables par géothermie en tenant compte des caractéristiques de l'eau ;

Phase 2

La troisième séance de Montréal et la deuxième séance de Guadeloupe se sont déroulées de manière synchrone. Cela a marqué le début de la deuxième phase prévue. Les équipes ont commencé à travailler sur leur thématique et sont entrées dans une démarche d'investigation.

Du côté de la Guadeloupe, l'investigation demandée visait à établir une recherche internet, de terrain, d'informations afin de répondre de manière argumentée et basée sur le réel à la question partagée avec le groupe de Montréal.

Du côté de Montréal, en raison du plus grand nombre d'heures, en plus de l'investigation, les étudiants devaient produire un modèle : maquette ou expérience scientifique. Ils ont donc, lors de cette phase, également commencé à réfléchir et à concevoir ce modèle demandé.

En parallèle de l'investigation scientifique, des échanges entre les équipes homologues ont été institués.

Les collaborations entre équipes homologues ont pour objectif de permettre aux étudiants d'échanger sur leurs pistes de recherches dans leur contexte et donc, de prendre conscience du contexte de l'autre équipe. Le but est de leur donner des idées sur de nouvelles pistes d'exploration plus larges afin de répondre à la problématique dans leur contexte.

Phase 3

Les échanges inter-groupes (entre les équipes homologues de Montréal et de Guadeloupe) ont été stoppés afin que toutes les équipes des deux groupes travaillent ensemble pour construire une réponse à la problématique initiale, par territoire, sous forme de présentation orale. Cette présentation doit se faire en collaboration, de manière à intégrer les différentes thématiques traitées par chaque équipe.

Phase 4

La présentation du résultat commun s'est faite en visioconférence entre les deux groupes-classes, à la fin du projet. À la fin de la dernière séance, le questionnaire post-test a été soumis aux étudiants.

3.4.3. Matériel, récolte de données et méthodes de traitement

3.4.3.1. Organisation technique

En Guadeloupe, la salle utilisée pour le projet est une salle informatique de l'ESPE équipée de 12 postes informatiques avec accès à Internet. Deux webcams ont été installées sur deux des postes informatiques équipés d'enceintes et de micros, et des tablettes tactiles étaient également disponibles pour les échanges inter-équipes. Certains étudiants disposaient en outre de leurs ordinateurs personnels. Un micro multidirectionnel et un vidéoprojecteur ont été utilisés pour les échanges inter-groupes.

Du côté de Montréal, le projet s'est déroulé dans une salle du « Centre des Sciences de Montréal ». Il s'agit d'un musée situé près du vieux port de Montréal, consacré aux sciences et technologies. Ce musée met à disposition des salles de cours avec du matériel pour la réalisation d'expériences scientifiques variées. Les étudiants disposaient donc de matériel varié pour la réalisation d'expériences scientifiques ou technologiques. Certains étudiants disposaient de leurs ordinateurs personnels pour le travail relatif aux enquêtes, et les ordinateurs des enseignants étaient installés et mis à disposition pour les échanges inter-équipes de chacune des séances.

Différents moyens de communication ont été mis à disposition des étudiants. Des comptes Skype ont été créés pour le projet, pour chaque équipe. Une plateforme Moodle avec un Chat, un forum et la possibilité de partager des documents étaient également disponibles.

Les étudiants disposaient également d'une liste d'experts scientifiques de la géothermie, de la géologie, de l'ingénierie et de l'hydrologie du Québec et de la Guadeloupe qu'ils étaient libres de questionner.

Des outils de capture vidéo d'écran ont été utilisés pour enregistrer les échanges entre équipes homologues et des caméras étaient à disposition pour filmer la classe lors des échanges de groupes.

3.4.3.2. Données récoltées

Un suivi très détaillé de tout le déroulement du projet s'est fait afin de recueillir un maximum de données.

Différentes interactions ont été enregistrées :

- les échanges entre les équipes homologues de Montréal et de Guadeloupe ont été enregistrés via des outils de capture vidéo d'écran. L'enregistrement était initialement prévu des deux côtés mais il a finalement été réalisé d'un seul côté, ne permettant parfois pas d'obtenir l'image d'un des deux côtés ou bien en miniature ;
- les enregistrements vidéo de la première séance, le débat, ainsi que de la dernière séance, la présentation des résultats a été réalisée du côté de la Guadeloupe avec du matériel de professionnel du laboratoire audiovisuel de l'ESPE ;
- des enregistrements audio d'interactions entre les étudiants entre eux et avec les enseignants et chercheurs didactiques ont été enregistrés au dictaphone du côté de la Guadeloupe ;
- il était prévu que les échanges effectués sur la plateforme Moodle soient recueillis, mais il n'y a finalement pas eu d'interactions sur cette plateforme.

Des questionnaires ont été soumis aux étudiants :

- un questionnaire pré-test /post-test a été soumis avant et après le projet, afin de collecter des données sur les conceptions et connaissances des étudiants à propos de la géothermie avant et après l'enseignement ;
- des questionnaires de ressentis de fin de séance ont été soumis par voie numérique à la fin de chaque session afin d'avoir le ressenti des étudiants sur le déroulement de la séance.

Les productions des étudiants ont également été recueillies :

- les productions (rapports et présentations power point) des étudiants de chaque équipe ont été récoltées à la fin du projet ;
- des carnets de suivi à remplir par les étudiants contenant le suivi brut du travail de chaque étudiant ont été installés sur la plateforme Moodle.

Enfin, des données sur les enseignants ont été récoltées :

- un entretien a été réalisé avec un des enseignants de Montréal après le projet.

Cette récolte a permis d'avoir un aperçu des différents types de données qu'il est susceptible de recueillir lors d'une telle expérimentation, et de ne sélectionner que les plus pertinentes pour répondre aux objectifs de la recherche. Les hypothèses de la recherche énoncées plus haut nous ont permis de focaliser notre attention sur les données permettant l'observation des effets de contextes, et sur les données relatives aux changements conceptuels. Ainsi, dans cette optique, seuls les

enregistrements vidéo des échanges et les questionnaires pré-test et post-test seront détaillés dans cette thèse.

Les questionnaires ont été traités par la méthode statistique. Des analyses descriptives et d'interdépendances seront présentées dans un premier temps. Puis les analyses des enregistrements vidéo seront éclairées par les méthodes d'analyse audio et vidéo.

3.4.3.3. Questionnaire pré-test post-test

Le questionnaire a été soumis aux étudiants, juste avant le début de l'expérimentation et à la fin, afin de recueillir leurs conceptions vis-à-vis de la géothermie avant et après le module de formation. Ce questionnaire est disponible en annexe 10, p. 393.

Il est composé de 20 questions pour 20 minutes de passation, et est identique en pré et en post-test, en Guadeloupe et à Montréal. Il contient :

- 14 questions sur la définition et l'opinion de la géothermie (10 questions ouvertes, 2 dessins, et 2 questions à choix multiples) ;
- 6 questions sur l'identification de l'individu (âge, origine...).

Pour les questions relatives aux connaissances des étudiants sur la géothermie, les données ont été analysées, lorsque c'était possible, selon deux dimensions : la contextualité et l'expertise. La première dimension oppose le « contextuel » à l' « acontextuel ». Le Mazcalc a permis d'identifier des éléments très différents sur la géothermie entre le Québec et la Guadeloupe. Il a également permis d'identifier des notions uniquement présentes dans l'un des deux contextes. Lorsque de telles notions sont citées dans les réponses, et citées seules, alors la réponse peut être considérée comme « contextuelle ». À l'inverse, si les réponses contiennent des éléments relatifs aux deux contextes ou à aucun des deux contextes, alors elles sont considérées comme « acontextuelles ». Pour la dimension de l'expertise, le traitement oppose les réponses « naïves » aux réponses « expertes ». La limite entre ces deux pôles est plus floue. Une réponse est considérée comme naïve si elle fait référence à des concepts qui ne sont pas directement en lien avec la géothermie, ou si elle emploie un vocabulaire commun ou familier (langage de tous les jours). Les réponses sont considérées comme « expertes » si elles relèvent de connaissances scientifiques et utilisent un vocabulaire technique ou font référence à des concepts scientifiques complexes. Nous rejoignons Johsua (1998) sur l'idée d'un « savoir expert », « technique » ou « hautement technique » pouvant être étudié à l'école (Kerneis, 2007).

Le tableau 69 illustre, pour chaque question, les modalités de traitement qui ont été établies. Chacune de ces modalités sera ensuite présentée en détail pour chaque question. Les questions 6 et 7 ne figurent pas dans ce tableau car il s'agit de questions fermées pour lesquelles les modalités correspondent aux réponses proposées lors du questionnaire.

Tableau 69 : Description du questionnaire pré-test post-test et du traitement des questions

Questions ouvertes sur la géothermie		Modalité 1	Modalité 2	Modalité 3	Modalité 4	Modalité 5
1	Bardane : citez cinq mots qui, selon vous sont en lien avec la géothermie ?	Mot naïf acontextuel	Mot naïf contextuel	Mot expert contextuel	Mot expert acontextuel	Mot hors sujet
2	Comment expliquez-vous le phénomène/mécanisme géologique naturel de géothermie ?	Réponse naïve acontextuelle	Réponse naïve contextuelle	Réponse experte contextuelle	Réponse experte acontextuelle	Pas de réponse
2b	Illustrez-le par un schéma.					
3	Que produit l'exploitation d'une ressource géothermique ?	Contextuel	Acontextuel	Pas de réponse		Pas de réponse
4	Où peut-on trouver une ressource géothermique ?	Naïf acontextuel	Contextuel	Expert acontextuel	Pas de réponse	
5	À quelle profondeur, selon vous, exploite-t-on la géothermie ?					
8	Faites un schéma légendé d'une exploitation géothermique	Naïf acontextuel	Naïf contextuel	Expert contextuel	Expert acontextuel	
9	La géothermie, selon vous, rentre-t-elle dans une optique de développement durable ?	Oui	Avis mitigé	Non	Pas de réponse	
10	Quelle est votre opinion sur le concept ?	Plutôt pour	Avis mitigé	Plutôt contre	Pas de réponse	
11	Quelles est la part d'énergie renouvelable / énergie non renouvelable dans votre pays ?	+ d'énergie non renouvelable	Autant des deux	+ d'énergie renouvelable	Pas de réponse	
12	Pensez-vous que l'exploitation de la géothermie est rentable	Oui	Non	Pas de réponse		
13	Avez-vous déjà été confronté à la géothermie, expliquez ?					

Question 1 - Citez cinq mots qui, selon vous sont en lien avec la géothermie ?

Chaque mot est analysé selon deux dimensions : la contextualité et l'expertise, donnant lieu à quatre types de mots. Une modalité supplémentaire a été créée pour les mots hors sujet. Au total, cinq types de mots sont donc répertoriés. Le mot peut-être :

- acontextuel naïf (mot de type 1) ;
- contextuel naïf (mot de type 2) ;
- contextuel expert (mot de type 3) ;
- acontextuel expert (mot de type 4) ;
- hors sujet (mot de type 5).

Le mot est classifié comme étant « acontextuel naïf » s'il s'agit d'un mot courant, ayant un lien avec la géothermie, et s'il n'est pas spécifique au contexte géothermique de Guadeloupe ou de Montréal. Le mot est classifié comme étant « contextuel naïf » s'il ne peut s'appliquer qu'à l'un des deux contextes géothermiques, ou alors, s'il est directement lié à l'un des deux contextes. Le mot est classifié comme étant « contextuel expert » s'il fait référence à un langage technique ou scientifique et qu'il ne peut s'appliquer qu'au contexte du sujet l'ayant cité. Le mot est classifié comme étant « acontextuel expert » si c'est un mot technique ou scientifique, qui n'appartient pas au langage courant, et s'il n'est spécifique à aucun des deux contextes, ou s'il appartient à un contexte autre que celui du sujet qui l'a mentionné. Enfin, si le mot n'a pas de lien direct avec le domaine de la géothermie, quel que soit le contexte, alors il est classé dans la catégorie « hors sujet ».

Il est important de noter qu'ici, la modalité d'un même mot peut être différente en fonction du lieu. Effectivement, les mots qualifiés comme « contextuels » pour la Guadeloupe sont des mots fortement liés au contexte géothermique guadeloupéen. Ces mêmes mots cités par des étudiants de Montréal, peuvent ne pas appartenir au contexte géothermique québécois, ils ne seront donc pas classés comme « contextuel » si c'est un montréalais qui le cite, et inversement. Le tableau 70 présente des exemples de mots pour chaque modalité en Guadeloupe et à Montréal.

Tableau 70 : Exemples de mots cités pour chaque modalité pour la question 1

Types de Mot	Guadeloupe	Montréal
Naïfs acontextuels (1)	eau, énergie, sol, profondeur, source, température, terre	écologie, effet de serre, environnement, fluide, géographie, géologie, geyser, Islande, laboratoire, naturel, physique, roche, thermomètre, terre, sous-sol, souterrain
Naïfs contextuels (2)	volcan, usine, magma, magmatisme, point chaud, électricité	sol, air, réchauffement, refroidissement, échange
Experts contextuels (3)	centrale géothermique, Bouillante, faille, générateur, vapeur, haute énergie	pompe, climatisation, radioactivité, capacité thermique, système ouvert/fermé
Experts acontextuels (4)	flux de chaleur, conduction, énergie renouvelable, chaleur interne, anomalie thermique, forage, eau réinjectée	plaque tectonique, effet de serre, ressource, électricité, pressions, turbine, durable, vapeur
Hors sujet (5)		pétrole, rayon X, espace, hypothermie, rivière

La limite entre le naïf et l'expert peut parfois être assez floue et la catégorisation effectuée pour certains mots peut porter à controverse. Pour cette raison, et pour vérifier l'objectivité de la classification, un premier traitement des mots a été réalisé en 2016, puis un deuxième en 2018. Les analyses descriptives ont été réalisées sur le deuxième traitement, et les ACM sur les deux traitements.

Question 2 - Comment expliquez-vous le phénomène/mécanisme géologique naturel de géothermie ?

Pour cette question, la même méthodologie que celle mise en place pour la question 1 a été utilisée, mais appliquée à des phrases. Les réponses expertes correspondent à des réponses attendues, alors que les réponses naïves font référence, soit à des connaissances incomplètes, soit à des connaissances qui ne sont pas en lien avec la géothermie. Les réponses sont considérées comme contextuelles si elles font référence à des concepts ou éléments particuliers à un des deux contextes. Elles sont acontextuelles si elles peuvent s'appliquer aux deux contextes. Des exemples illustrant chaque modalité sont présentés dans le tableau 71.

Tableau 71 : Exemples de réponses pour chaque modalité de traitement de la question 2

Modalités	Exemples
Naïve acontextuelle (1)	Guadeloupe : « Il s'agit de repérer l'énergie (chaleur) de la terre, par l'intermédiaire d'un système hydraulique. Ce phénomène s'explique grâce à la remontée de chaleur en surface. » sujet 12 Québec : « C'est le phénomène qui représente la relation entre les éléments de la géophysique et l'environnement » sujet 13 ; « je pense que c'est la chaleur du magma qui traverse la couche terrestre par une fissure. La pression qui s'y accumule finit par créer une fuite » sujet 17
Naïve contextuelle (2)	Guadeloupe : « La géothermie est une anomalie thermique due à une remontée de chaleur qui aurait pour origine la couche D'' suite à une perturbation due aux panneaux plongeant en subduction » sujet 1 Québec : « Production d'électricité à partir de barrages d'eau » sujet 24 ; « La chaleur récupérée dans le sol après forage est utilisée pour générer de l'énergie chauffage/climatisation). Ensuite, l'eau froide est retournée à son point initial » sujet 46
Experte contextuelle (3)	Guadeloupe : « Il s'agit d'un fluide en contact avec une source chaude naturelle. L'énergie thermique produite permet de faire fonctionner des turbines notamment pour fabriquer de l'électricité (comme à Bouillante Guadeloupe) » sujet 4 Québec : « Pas sûr mais je pense que si on injecte du liquide à l'intérieur d'un puits on attend à récupérer ce liquide chaud qu'on utilise pour l'énergie » sujet 35
Experte acontextuelle (4)	Guadeloupe : La géothermie correspond à l'étude de la température au sein du globe. Elle augmente en fonction de la profondeur. » sujet 3 Québec : « On exploite l'énergie portée par l'eau des profondeurs pour une production soit de l'électricité ou pour la climatisation » sujet 52

Question 3 : Que produit l'exploitation d'une ressource géothermique ?

Pour cette question, le traitement s'est fait uniquement selon la dimension de la contextualité. Il s'agit d'une question précise dont les réponses sont moins diversifiées, à laquelle il est possible de ne répondre qu'avec un mot. Les principales réponses fournies concernent l'énergie et l'électricité et ne permettent ainsi pas de juger de la naïveté ou de l'expertise de la réponse (tableau 72).

Tableau 72 : Exemples de réponses pour chaque modalité de traitement de la question 3

Modalités	Guadeloupe	Montréal
Contextuelles (1)	« électricité » sujet 2	« de la chaleur » sujet 32
Acontextuelles (2)	« de l'électricité chauffage eau » sujet 3 ; « énergie » sujet 12	« énergie » sujet 48 ; « chaleur ou refroidisseur d'air et électricité » sujet 50
Autres (3)		« le pétrole le gaz naturel » sujet 20 ; « cuivre pétrole » sujet 25 ; « influence négative sur les quatre composants de la terre » sujet 30

Question 4 - Où peut-on trouver une ressource géothermique ?

Tout comme pour la question précédente, cette question ne nécessitant qu'une réponse courte, fait l'objet d'un traitement différent (tableau 73). Les réponses fournies sont, soit assez vastes et imprécises et ne font pas référence à un contexte particulier (naïves acontextuelles), soit elles relèvent d'une connaissance scientifique et ne font pas non plus référence à un contexte particulier (expertes acontextuelle), soit elles sont précisément relatives à un des deux contextes (contextuelles) mais ne peuvent alors pas être différenciées sur le plan de l'expertise.

Tableau 73 : Exemples de réponses pour chaque modalité de traitement de la question 4

Modalités	Exemples
Naïve acontextuelle (1)	« Terre » ; « sous-sol »
Contextuelle (2)	« en Guadeloupe » ; « proximité d'un volcan » ; « Bouillante – Guadeloupe »
Experte acontextuelle (3)	« dans la lithosphère » ;

Question 5 - À quelle profondeur, selon vous, exploite-t-on la géothermie ?

Cette question fait l'objet du même traitement que la question précédente. Les réponses contextuelles fournissent une profondeur précise sous forme de chiffre dont l'expertise ne peut être jugée (tableau 74).

Tableau 74 : Exemples de réponses pour chaque modalité de traitement de la question 5

Modalités	Exemples
Naïve acontextuelle (1)	« plus ou moins profond » sujet 2
Contextuelle (2)	« à quelques dizaines de mètres » sujet 26 (Montréal) « 1500 m 2500 » sujet 42 (Guadeloupe) « ça peut aller de 10m à 100m » sujet 60 (Montréal)
Experte acontextuelle (3)	« dès les premiers mètres en fonction de l'exploitation envisagée » sujet 41 « pour tempérer les habitations max 200m, pour produire électricité de 2 à 7km selon l'endroit » sujet 61

Question 6 et 7 - questions fermées

Q6 - Cochez les mots qui, selon vous, appartiennent au domaine de la géothermie ?

Q7 - Quels sont les phénomènes physiques en jeu ?

Ces deux questions fermées font l'objet d'un traitement différent. Les variables correspondent aux mots proposés et les modalités de réponses correspondent au fait d'avoir coché ou non la case (tableau 75).

Tableau 75 : Détail des questions fermées Q6 et Q7

Questions fermées sur la géothermie : modalité de réponse 1 ou 0 (case cochée ou non cochée)				
6	Cochez les mots qui, selon vous, appartiennent au domaine de la géothermie ?	Forêt	Neige	Energie
		Pompe	Radioactivité	CO ₂
		Turbine	Feu	Chauffage
		Pétrole	Chaud	Climatisation
		Forage	Froid	Climat
		Gaz	Magma	Isolation
		Aquifère	Eolienne	Pluie
		Volcan	Soleil	Vapeur
7	Quels sont les phénomènes physiques en jeu ?	Thermodynamique	Rayonnement	Flux de chaleur
		Conduction	Précipitation	Magmatisme
		Convection	Sismique	Ionisation

Questions portant sur la présentation des individus

Les six dernières questions concernent l'identification des individus interrogés. Les modalités de traitement de chacune de ces questions sont exposées dans le tableau 76.

Tableau 76 : Description des réponses portant sur l'identification

Questions sur l'identification	Modalité 1	Modalité 2	Modalité 3	Modalité 4
Genre	Masculin	Féminin		
Âge	< à 30 ans	> à 30 ans	Pas de réponse	
Origine	Antilles	Canada	Autre	
Spécialité des études supérieures	Sciences générales	Biologie	Autre	
Activités professionnelles	Oui	Non		
Diplôme	Licence	Master	Doctorat	Pas de réponse

Un total de 61 questionnaires a été récolté en pré-test et en post test et s'organise en quatre cohortes :

- cohorte 1 : étudiants de Guadeloupe en pré-test (12 individus) ;
- cohorte 2 : étudiants de Montréal en pré-test (23 individus) ;
- cohorte 3 : étudiants de Guadeloupe en post-test (composé de 8 individus, dont 7 membres de la cohorte 1 et un nouveau) ;
- cohorte 4 : étudiants de Montréal en post-test (composé de 18 individus dont 17 membres de la cohorte 2 et un nouveau).

Dans un contexte comme dans l'autre, il y a une diminution de l'effectif de participants entre les pré-tests et les post-tests. Les 8 sujets de Guadeloupe en post-test correspondent à 7 de ceux du pré-test, les 5 autres étaient absents le jour du post-test mais présents au pré-test, et 1 était absent au pré-test mais présent au post-test. À Montréal, sur les 23 sujets ayant passé le pré-test, 17 étaient présents au post-test. Un des sujets était présent lors du post-test mais absent au pré-test. Les effectifs de réponses aux questions d'identification sont illustrés par le tableau 77.

Tableau 77 : Description de la cohorte interrogée

Identification de la population		Pré test		Post test	
		cohorte 1	cohorte 2	cohorte 3	cohorte 4
Effectif total		12	23	8	18
Genre	M	4	6	1	5
	F	7	16	7	9
	NR	1	1	0	4
Âge	<30 ans	11	2	8	2
	>30 ans	0	18	0	12
	NR	1	3	0	4
Origine	Antilles	10	0	8	0
	Canada	0	10	0	8
	Autre	1	12	0	6
	NR	1	1	0	4
Spécialité	SVT ou ST	9	1	6	6
	biologie	3	10	1	10
	autre	0	11	1	2
Activité professionnelle	Oui	7	16	4	12
	Non	5	7	4	6
Diplôme	Bac +2	0	9	0	3
	Bac +3	12	8	8	8
	Bac +5	0	5	0	5
	NR	0	1	0	2

L'analyse des questions en rapport avec l'identification des sujets permet de nous rendre compte de certains points pouvant aider à l'interprétation des données :

- de manière générale il y a plus de filles que de garçons, à la fois en Guadeloupe et à Montréal. Il n'y a que 4 garçons sur 12 élèves en Guadeloupe en pré-test, et 1 sur 8 élèves en post-test. À Montréal, il y a 6 garçons sur 23 en pré-test et 5 sur 18 en post-test. Les groupes sont donc à peu près similaires à ce niveau-là.
- les étudiants de Montréal ont une moyenne d'âge bien plus élevée que ceux de Guadeloupe. L'âge des Montréalais varie entre 24 et 59 ans alors qu'en Guadeloupe, l'âge des étudiants varie entre 21 et 28 ans (tableau 78).

Tableau 78 : Description de l'âge de la population

Âge	Moyenne	Ecart type
Montréal	39 ans	8,6
Guadeloupe	23 ans	1,5

- Les étudiants de Montréal ont des origines plus diversifiées que ceux de Guadeloupe. (Liban, Algérie, Roumanie, Tunisie, France, Seychelles). Les étudiants de Guadeloupe viennent soit de Martinique, soit de Guadeloupe, et un seul vient de Guyane.
- Les élèves de Guadeloupe ont tous suivi le même parcours de formation et ont un niveau Master 1 et 2. Ils sont tous spécialisés en enseignement des Sciences de la vie et de la Terre. En

revanche, les élèves de Montréal ont des parcours plus diversifiés, certains sont docteurs, et certains ont des parcours en biochimie, génie mécanique, ou encore neurosciences.

- Pour ce qui est de la vie professionnelle, certains des étudiants de Guadeloupe ont une expérience en enseignement (cours particuliers ou stages), d'autres en restauration rapide, et d'autres encore n'ont aucune expérience professionnelle. Pour ce qui est de Montréal, certains étudiants ont une expérience dans le domaine de la recherche (assistant de recherche, travail en laboratoire) d'autres ont une expérience en enseignement, et certains n'ont pas non plus d'expérience professionnelle.

L'analyse du questionnaire s'est faite par la méthode statistique. Des analyses descriptives ont été réalisées avec l'aide de tableaux de fréquence et de tris à plat, puis des analyses d'interdépendance ont été réalisées, il s'agit d'analyses en correspondances multiples. Ces analyses ont été effectuées avec les logiciels Statistica et Excel.

3.4.3.4. Vidéo des échanges entre étudiants

L'expérimentation a permis de recueillir un total de six vidéos enregistrées pendant les échanges en visioconférence entre les équipes de Guadeloupe et de Montréal. La durée totale de ces enregistrements est de 95 minutes.

Selon les études antérieures portant sur les effets de contextes (Forissier et al., 2013, 2014) dans le meilleur des cas, l'effet de contexte se traduit par un moment de prise de conscience d'un décalage dans les discours, les pensées ou la compréhension mutuelle. Il est donc important d'analyser à la fois le contenu des échanges et le comportement physique des locuteurs. Par ailleurs, la méthode d'analyse des vidéos des interactions doit permettre de préciser les caractéristiques des effets de contexte. Pour cela, l'analyse s'effectue à deux niveaux. D'une part, une analyse basée sur l'audio est réalisée, elle est centrée sur les contenus des échanges ainsi que d'autres dimensions uniquement perceptibles par l'audio (intonation, débit, pauses ou silences ou encore interjections), on parle d'analyse verbale et para-verbale. D'autre part, une analyse visuelle est réalisée, elle est basée sur les expressions faciales des interlocuteurs ainsi que sur leur posture et gestuelle. On parle d'analyse non verbale (Cosnier et Brossard, 1984; Cosnier et Vaysse, 1997; Nicolle, Rapp, Bailly, Prevost et Chetouani, 2012; Quignard et al., 2016).

Les travaux de Fécil (2014) sur les grenouilles ont permis d'identifier des effets de contexte chez les élèves de Guadeloupe principalement par l'analyse de vidéos lors de sorties sur le terrain et lors d'interactions avec les élèves de Montréal. Ceux-ci se traduisent de deux manières :

- par les propos d'un élève montrant une opposition entre l'observation d'une grenouille de Guadeloupe (*Eleutherodactylus*) et la représentation qu'il avait de la grenouille au sens général du terme (lors d'une investigation) d'une part ;
- par la réaction comportementale d'élèves lors d'interactions sur l'explication mutuelle de l'alimentation de la grenouille de Guadeloupe et de celle de Montréal d'autre part (émotions : rires et surprise).

Dans notre cas, les enregistrements concernent uniquement les moments d'interactions intergroupes. Ainsi, nous allons principalement rechercher des effets de décalages dans les propos et comportements des étudiants lors des échanges, et notamment dans ce que Fécil appellerait les émotions. Cependant, nous souhaitons étudier le comportement émotif au sens plus large du terme et nous allons rechercher les effets de contextes également dans l'affect des locuteurs (Baker, Andriessen, Lund, Van Amelsvoort et Quignard, 2007). L'affect peut se définir comme « *ce par quoi la puissance d'agir est augmentée ou diminuée* », il correspond à une transformation, il est l'expression d'une pulsion pouvant mener à une émotion ou à tout autre changement de comportement plus ou moins intense (Barbier, 2018) .

Afin de répondre à notre problématique relative aux effets de contextes nous allons donc coupler les analyses verbales, para-verbales et non verbales pour spécifier les différents critères permettant d'identifier et de décrire les effets de contextes.

Dans un premier temps, une retranscription complète de toutes les vidéos a été effectuée, avec une identification du locuteur. Cela a permis d'établir un séquençage de chaque vidéo. Une description détaillée du contenu de la vidéo par séquences a ensuite été faite, en lien avec la situation didactique. Les séquences contenant des moments d'effets de contextes ont été codées, puis une description du contenu et du visuel a été établie pour ces moments précis (posture, changement d'expression faciale, et éléments para-verbaux).

En ce qui concerne l'analyse verbale, nous nous appuyons sur Quignard et al. (2016) qui propose une méthode instrumentée pour l'analyse d'intensité émotionnelle dans l'interaction par huit dimensions. Sur ces huit dimensions, trois semblent convenir pour participer à l'identification des effets de contexte : la multimodalité, les marqueurs de personnes et les marqueurs discursifs. La multimodalité a pour objectif de mettre en évidence les signaux corporels émis par les participants en rapport à leur état affectif (gestualité, regards, etc.). Les marqueurs de personnes sont les pronoms personnels et les déterminants possessifs qui permettent d'opposer des discours et de mettre en évidence des conflits et des débats. Les marqueurs discursifs sont des marques d'accord et de désaccord qui indiquent une convergence ou une divergence. Nous avons également relevé les différents types de discours tels que l'argumentation, le questionnement, le discours énonciatif ou explicatif en nous inspirant des travaux de Baker, Détéienne, Lund et Séjourné (2009).

Lors de l'expérimentation, nous avons été confrontés à des contraintes techniques, qui ont parfois rendu l'analyse délicate. Le faible débit internet a grandement limité les échanges. Il était initialement prévu de mettre en place et d'enregistrer plusieurs échanges par équipe, mais seul un échange a pu être réalisé par équipe, sauf pour une des équipes qui a pu réaliser deux visioconférences. Il n'a pas toujours été possible de recueillir les enregistrements vidéo des deux côtés, ce qui rend l'analyse non verbale compliquée, voire souvent incomplète. Le cadrage ne permet pas toujours de voir tous les locuteurs. Enfin, sur certaines vidéos l'enregistrement audio est de très mauvaise qualité et donc très compliqué à analyser.

3.5. Présentation et analyse des résultats de l'expérimentation

Les résultats de notre expérimentation s'organisent selon le type de données récoltées. Nous allons tout d'abord présenter les résultats obtenus suite à l'analyse des questionnaires pré-test et post-test, puis nous présenterons les résultats découlant de l'analyse de nos enregistrements vidéo.

3.5.1. Pré-test / Post-test

3.5.1.1. Statistiques descriptives

La première analyse effectuée sur ces données est un tri à plat. Le tri à plat restitue les différentes réponses obtenues à chaque question. Il s'agit de visualiser les effectifs par modalité de réponse, sous la forme d'histogrammes. Cette analyse a été effectuée pour toutes les questions, sauf pour la question 11, dont la formulation des réponses ne permet pas de comprendre ce que l'étudiant souhaite signifier.

Pour chaque question présentée, le tri à plat a été réalisé en fonction des quatre cohortes (Guadeloupe pré-test, Montréal pré-test, Guadeloupe post-test, et Montréal post-test).

Question 1 - Citez cinq mots qui, selon vous, sont en lien avec la géothermie ?

Un total de 59 sujets a répondu à la question. Certains étudiants ont cité plus de cinq mots et d'autres en ont cité moins de cinq. Deux sujets n'ont pas répondu à la question. Au total, 298 mots ont été récoltés. Parmi, ces 298 mots, nous avons identifié 118 mots différents. Chaque mot a été analysé en fonction de la cohorte à laquelle appartient l'étudiant qui l'a énoncé et en fonction des deux dimensions définies plus haut (contextualité et expertise). Ce traitement a donné lieu à cinq catégories de mots :

- les mots acontextuels naïfs (mots 1) ;
- les mots contextuels naïfs (mots 2) ;
- les mots acontextuels experts (mots 3) ;
- les mots contextuels experts (mots 4) ;
- les mots hors sujet (mots 5)

Le tableau 79 donne la répartition quantitative des résultats obtenus pour chaque modalité.

Tableau 79 : Descriptif quantitatif des réponses à la question 1

Q1	Mot 1	Mot 2	Mots 3	Mots 4	Mots 5	Nombre de mots par cohorte
Cohorte 1	29	9	6	13	0	57
Cohorte 2	82	3	5	13	8	111
Cohorte 3	11	5	6	18	0	40
Cohorte 4	49	5	16	19	1	90
Nombre d'occurrences par catégories de mot	171	22	33	63	9	Nombre de mots total : 298

Les non réponses : 1 étudiant de la cohorte 2, et un étudiant de la cohorte 4

En Guadeloupe, 51% des mots récoltés en pré-test sont des mots naïfs acontextuels, faisant donc référence à des concepts très généraux sur la géothermie avec un langage de tous les jours. En post-

test, 45% des mots sont considérés comme des mots experts acontextuels. De manière plus générale, une nette augmentation des mots experts est constatée entre le pré-test et le post-test (34% en pré-test contre 60% en post-test). Cette évolution est la seule vraiment significative car, sur une cohorte moins nombreuse, il y a plus de mots experts. La diminution des mots naïfs est, quant à elle, trop importante pour être due à ce changement d'effectif. Le taux de mots contextuels reste à peu près le même entre le pré-test et le post-test (27% en pré-test et 28% en post-test). Pour cette question, en Guadeloupe, il n'y a donc pas d'évolution marquée de la contextualité des réponses, par contre, l'évolution est très marquée sur la dimension de l'expertise (figure 105).

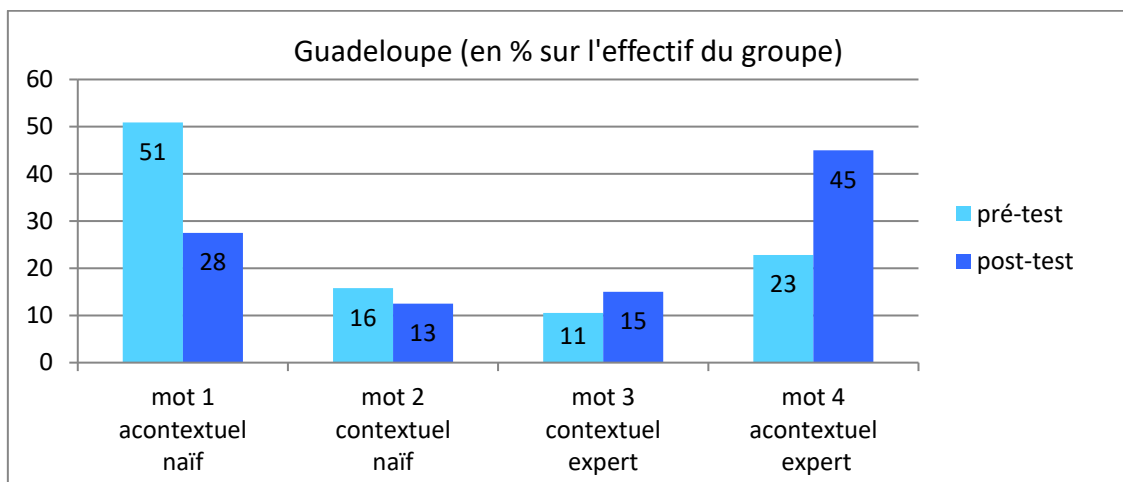


Figure 105 : Histogramme descriptif des réponses à la question 1 pour les étudiants de Guadeloupe

Au Québec, 74% des mots cités en pré-test font référence à un langage courant indépendant du contexte géothermique du Québec (acontextuels). En post-test, 54% des mots récoltés appartiennent à cette même catégorie. Une diminution est constatée entre le pré-test et le post-test pour cette catégorie de mots. En ce qui concerne la dimension de la contextualité, une augmentation de 16% est constatée entre le pré-test et le post-test (8% en pré-test et 24% en post-test). Une augmentation de 22% est également observée pour la dimension de l'expertise entre les deux tests (17% de mots experts en pré-test et 39% en post-test). Il y a donc à Montréal, une évolution des réponses à cette question sur les deux dimensions analysées entre le pré-test et le post-test, mais l'augmentation de l'expertise est la seule vraiment significative (figure 106).

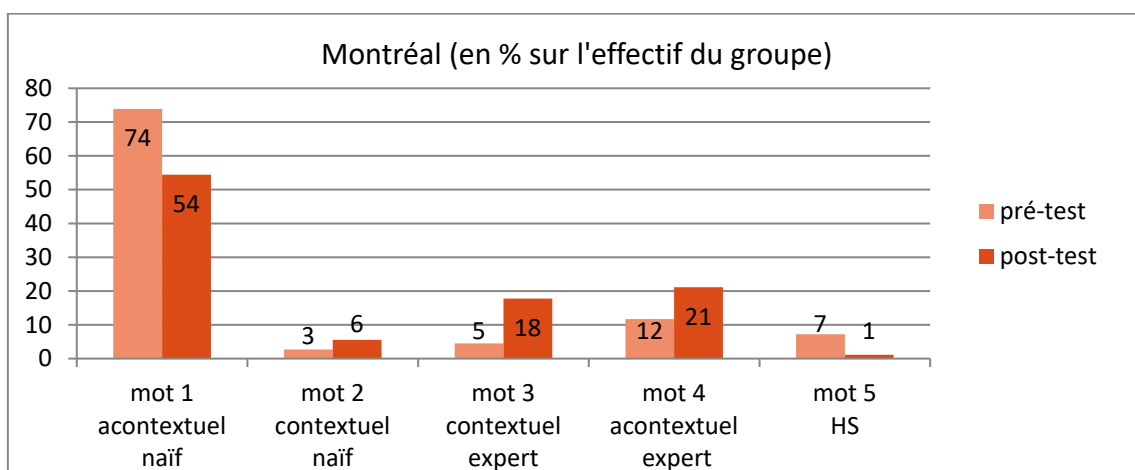


Figure 106 : Histogramme descriptif des réponses à la question 1 pour les étudiants de Montréal

Questions 2a et 2b

Les questions 2a et 2b sont des questions ouvertes, et concernent l'explication du phénomène naturel de la géothermie, l'une, par des mots, et l'autre par un dessin. Le même traitement a été effectué pour les réponses à ces deux questions. Les réponses ont été classées selon qu'elles soient considérées comme acontextuelles naïves, contextuelles naïves, acontextuelles expertes, contextuelles expertes ou hors sujet. Le tableau 80 montre un fort taux de non réponses à cette question, ce qui nous conduit à présenter les analyses en termes d'effectifs et non de pourcentages. Ceci sera le cas pour toutes les questions ouvertes des pré et post-tests.

Tableau 80 : Descriptif quantitatif des non réponses à la question 2a

Enoncé des questions et nombre de non réponses par question.	Cohorte			
	1	2	3	4
Effectif total	12	23	8	18
Q2a : Comment expliquez-vous le phénomène géologique naturel de géothermie ?	3	4	0	6
Q2b : Illustrez-le par un schéma.	7	8	3	4

Question 2a

Pour la question 2a, les réponses des étudiants de Guadeloupe sont considérées comme contextuelles lorsqu'elles font référence à la production d'électricité ou à une source de chaleur liée à la subduction ou au volcanisme. Elles sont considérées comme expertes lorsqu'elles expliquent correctement le phénomène scientifique ou technologique avec un vocabulaire adéquat. Les résultats sont illustrés par la figure 107.

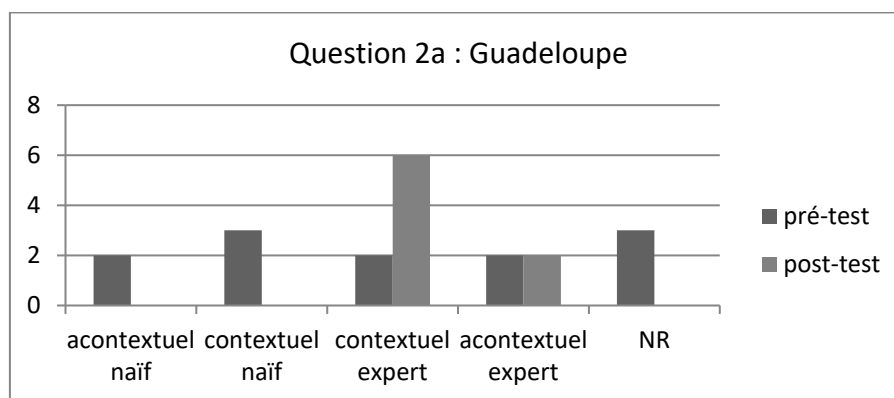


Figure 107 : Histogramme descriptif des réponses à la question 2a pour les étudiants de Guadeloupe

En Guadeloupe, les réponses naïves diminuent considérablement entre le pré-test et le post-test (cinq individus en pré-test, contre aucun en post-test). Les réponses expertes, quant à elles, augmentent (quatre individus en pré-test et huit en post-test). Ceci ne peut donc être expliqué par le changement d'effectif de la cohorte. De la même manière, une augmentation de la contextualité est constatée entre le pré-test et le post-test. De manière générale, les réponses à cette question, en Guadeloupe évoluent. Elles sont très diversifiées en pré-test (à peu près autant de réponses dans chaque catégorie en pré-test) et deviennent plus expertes et contextuelles en post-test.

À Montréal, les réponses sont considérées comme contextuelles si elles font référence à une production de chaleur, de fraîcheur, ou à une installation particulière. De la même manière que pour la Guadeloupe, les réponses sont considérées comme expertes lorsqu'elles fournissent des explications correctes avec un vocabulaire scientifique ou technique adéquat (figure 108).

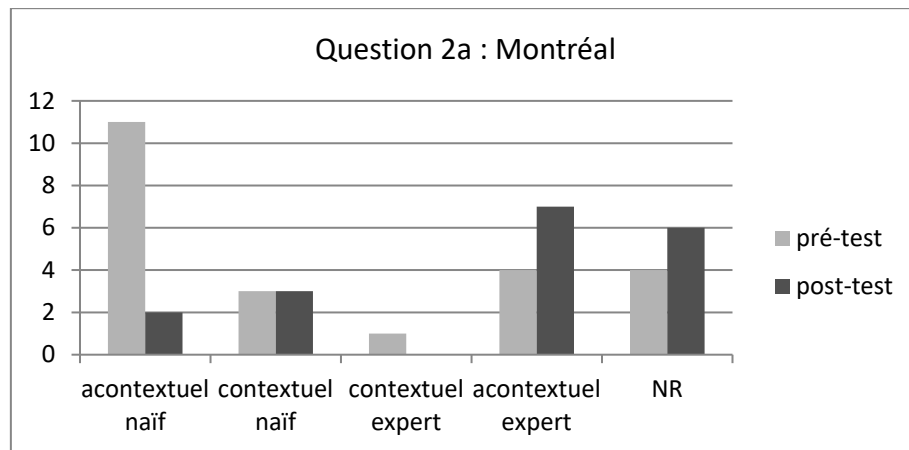


Figure 108 : Histogramme descriptif des réponses à la question 2a pour les étudiants de Montréal

Pour le pré-test, 14 étudiants fournissent des réponses naïves contre seulement cinq en post test. Cette diminution ne peut être expliquée par le changement d'effectif de cohorte car on perd neuf réponses naïves. Il y a également une augmentation des réponses expertes (cinq réponses expertes en pré-test contre sept en post-test). En revanche, la dimension contextuelle n'évolue pas de manière visible (quatre réponses contextuelles en pré-test et trois en post-test). De manière globale, une légère augmentation des réponses acontextuelles expertes est observée pour cette question.

Question 2b

La question 2b porte sur des dessins d'étudiants. En Guadeloupe, cinq dessins ont été récoltés en pré-test, et cinq également en post-test. La figure 109 illustre les dessins des étudiants de Guadeloupe pour le pré-test.

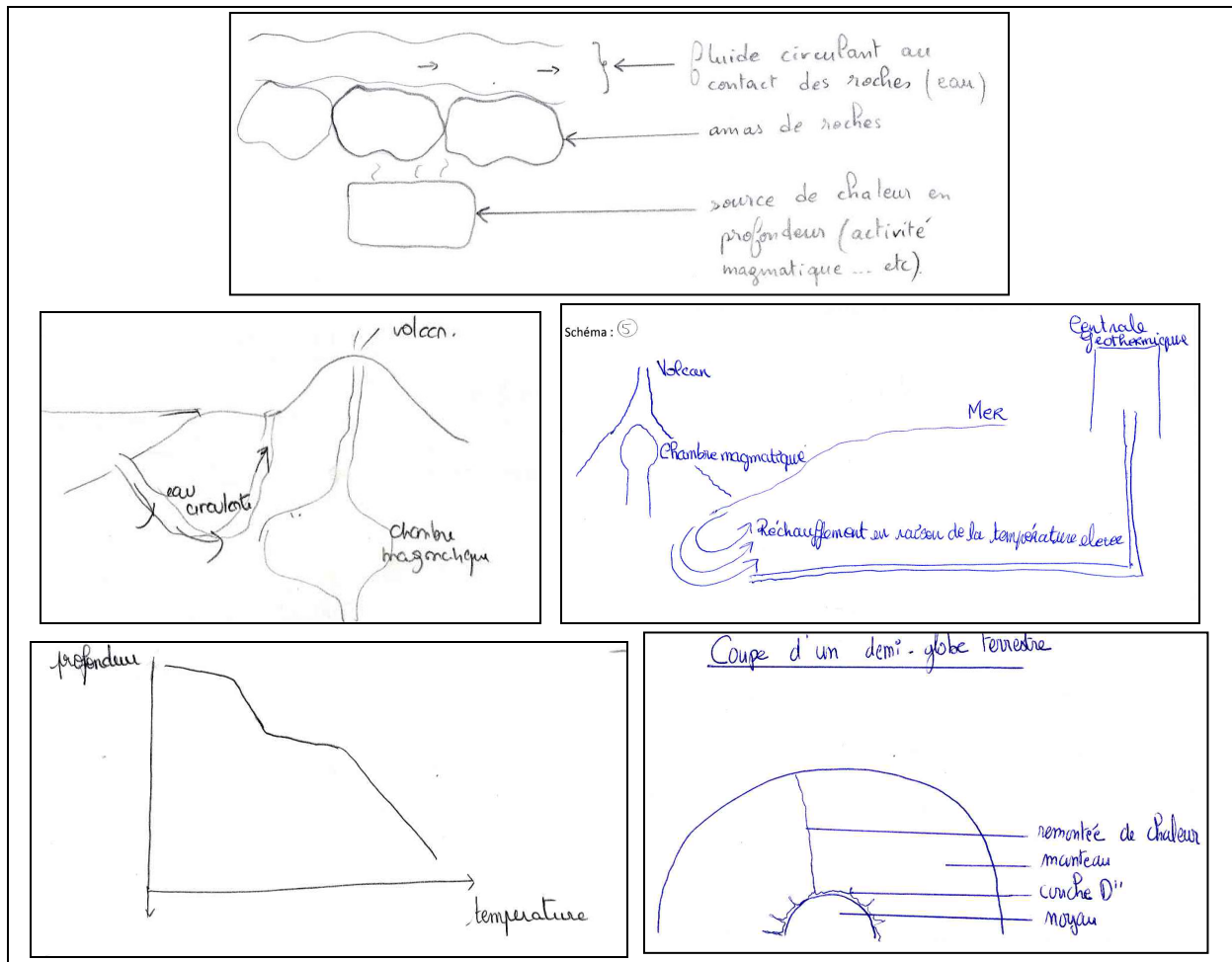


Figure 109 : Dessins des étudiants de Guadeloupe en pré-test pour la question 2b

Pour le pré-test, trois des dessins ont été catégorisés comme étant contextuels, car ils font référence à un volcan, à une centrale géothermique, ou à une source de chaleur d'origine magmatique, illustrant le contexte géothermique de Guadeloupe. En revanche ces dessins n'expliquent pas le phénomène dans la totalité, et pour chacun d'eux, des éléments sont manquants (fracturation des roches, fluide ou nappe phréatique). Ils sont donc considérés comme naïfs. Le dessin représentant le graphique a été considéré comme étant acontextuel expert, car il explique parfaitement le phénomène physique en jeu dans l'étude de la géothermie : l'augmentation de la température en fonction de la profondeur, soit le gradient géothermique. Le dessin du globe terrestre quant à lui est considéré comme acontextuel naïf, car il n'explique pas le phénomène de géothermie mais plutôt celui du volcanisme de point chaud et n'est pas lié au contexte guadeloupéen.

La figure 110 illustre les dessins des étudiants de Guadeloupe pour le post-test.

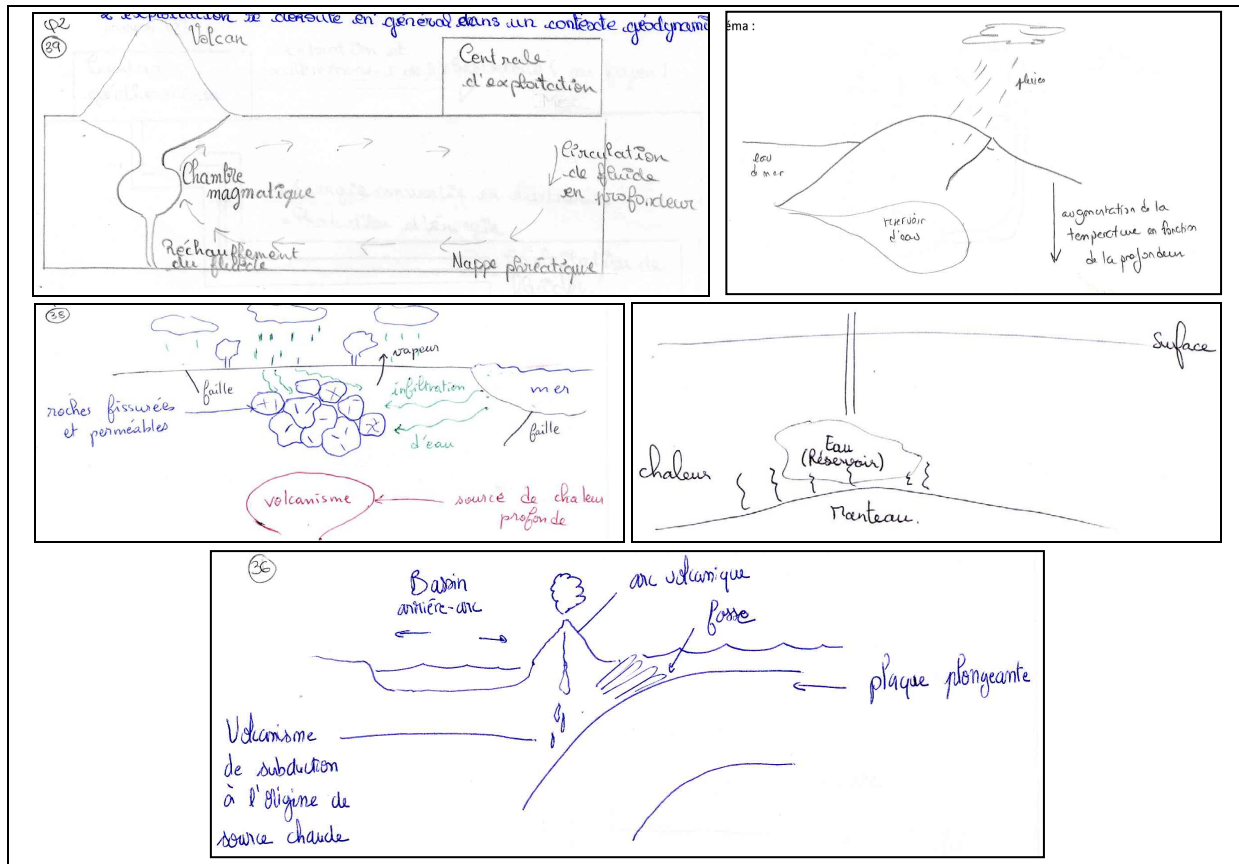


Figure 110 : Dessins des étudiants de Guadeloupe en post-test pour la question 2b

En post-test, quatre des cinq dessins récoltés sont contextuels, ils font tous référence au contexte géothermique de Guadeloupe, avec des représentations de volcan ou de volcanisme, et la présence de la mer à proximité de la ressource géothermique. Un des dessins n'illustre pas d'élément contextuel. Par ailleurs, les dessins sont beaucoup plus détaillés et précis quant à l'origine de la ressource (subduction, remontée de chaleur issue du manteau, volcanisme, gradient, infiltration d'eau de mer et d'eau météorique dans le sol, et fracturation de roches). Les dessins ont été considérés comme experts.

La figure 111 illustre les effectifs de réponses par modalité de traitement. Il est très difficile pour cette question d'émettre des conclusions sur l'évolution des représentations, étant donné le très faible effectif de répondants. Cependant, nous pouvons tout de même noter que deux étudiants ayant réalisé des dessins naïfs en pré-test ont fait des dessins experts en post-test.

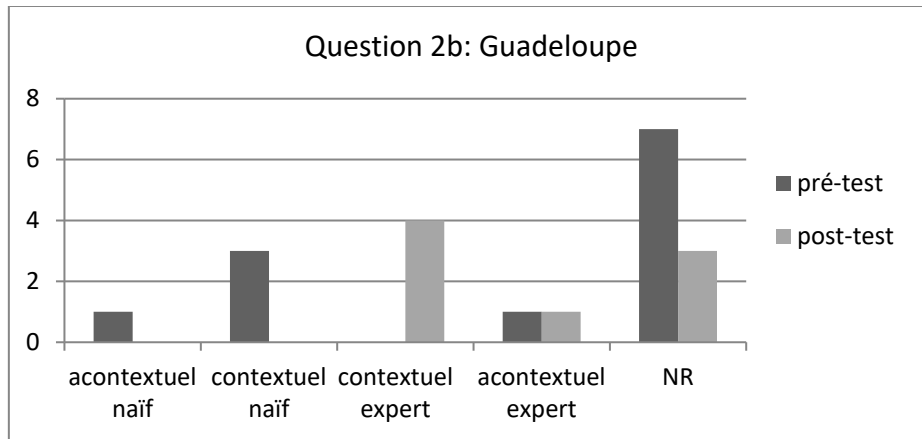


Figure 111 : Histogramme descriptif des réponses à la question 2b pour les étudiants de Guadeloupe

À Montréal, 15 dessins ont été récoltés en pré-test, et 14 en post test. Des exemples de ces dessins en pré-test sont présentés dans la figure 112.

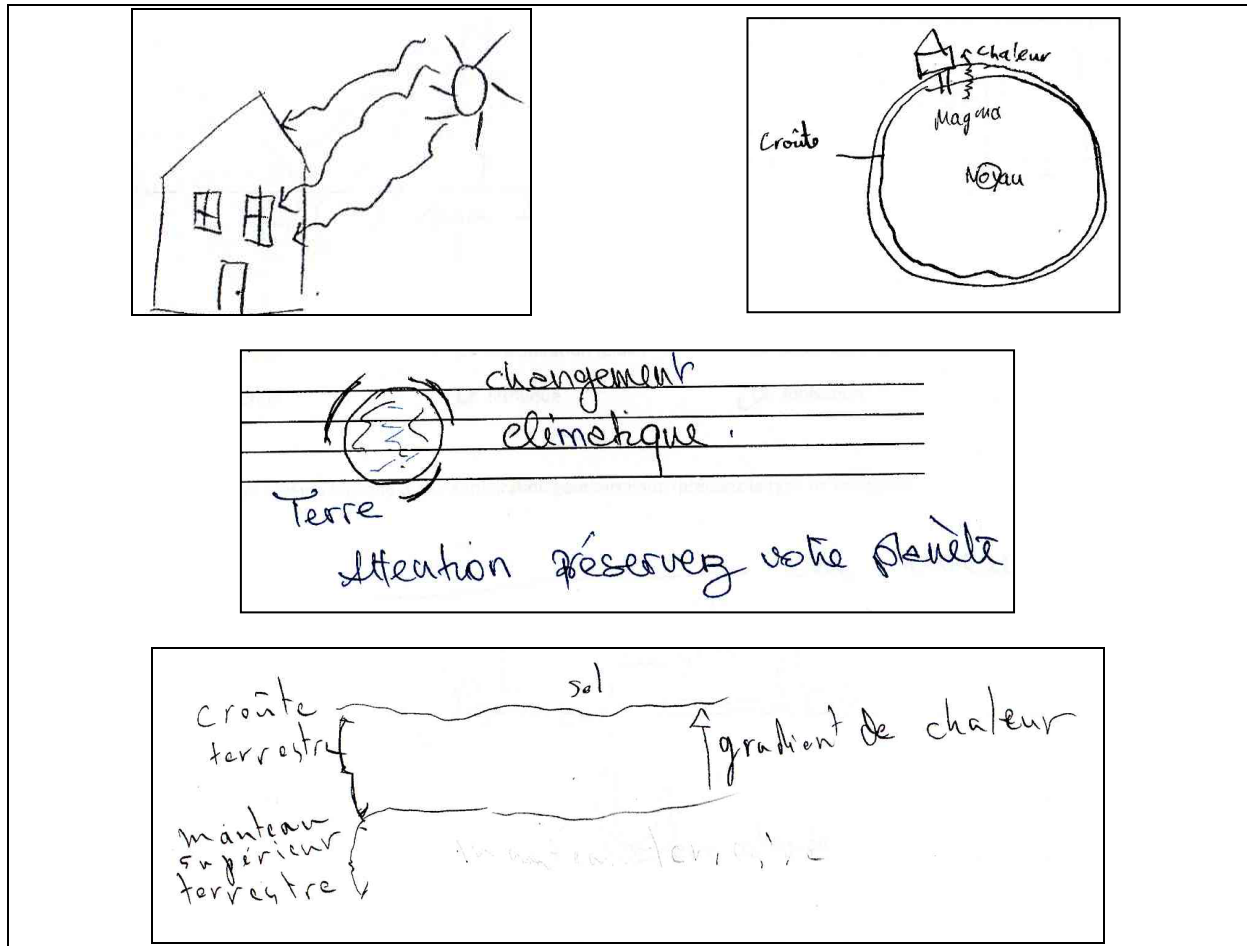


Figure 112 : Exemples de dessins d'étudiants de Montréal en pré-test pour la question 2b

Pour le pré-test, les dessins sont bien plus diversifiés qu'en Guadeloupe. Certains dessins illustrent un phénomène global avec une représentation du globe terrestre (cinq dessins), certains, ont représenté un volcan ou du magma (trois dessins), d'autres, les couches terrestres avec soit un phénomène de convection ou bien une notion de gradient géothermique (quatre dessins), plusieurs ont représenté un phénomène très local avec une maison ou un bâtiment alimenté par de l'énergie venant du sol ou du soleil (quatre dessins). La majorité des réponses à cette question sont naïves car, soit très incomplètes, soit incorrectes (13 réponses). Seul un des dessins a été considéré comme expert en raison de l'explication du terme de gradient géothermique. Les quatre dessins représentant une installation particulière ont quant à eux été catégorisés comme contextuels.

Des exemples de ces dessins du post-test sont présentés dans la figure 113.

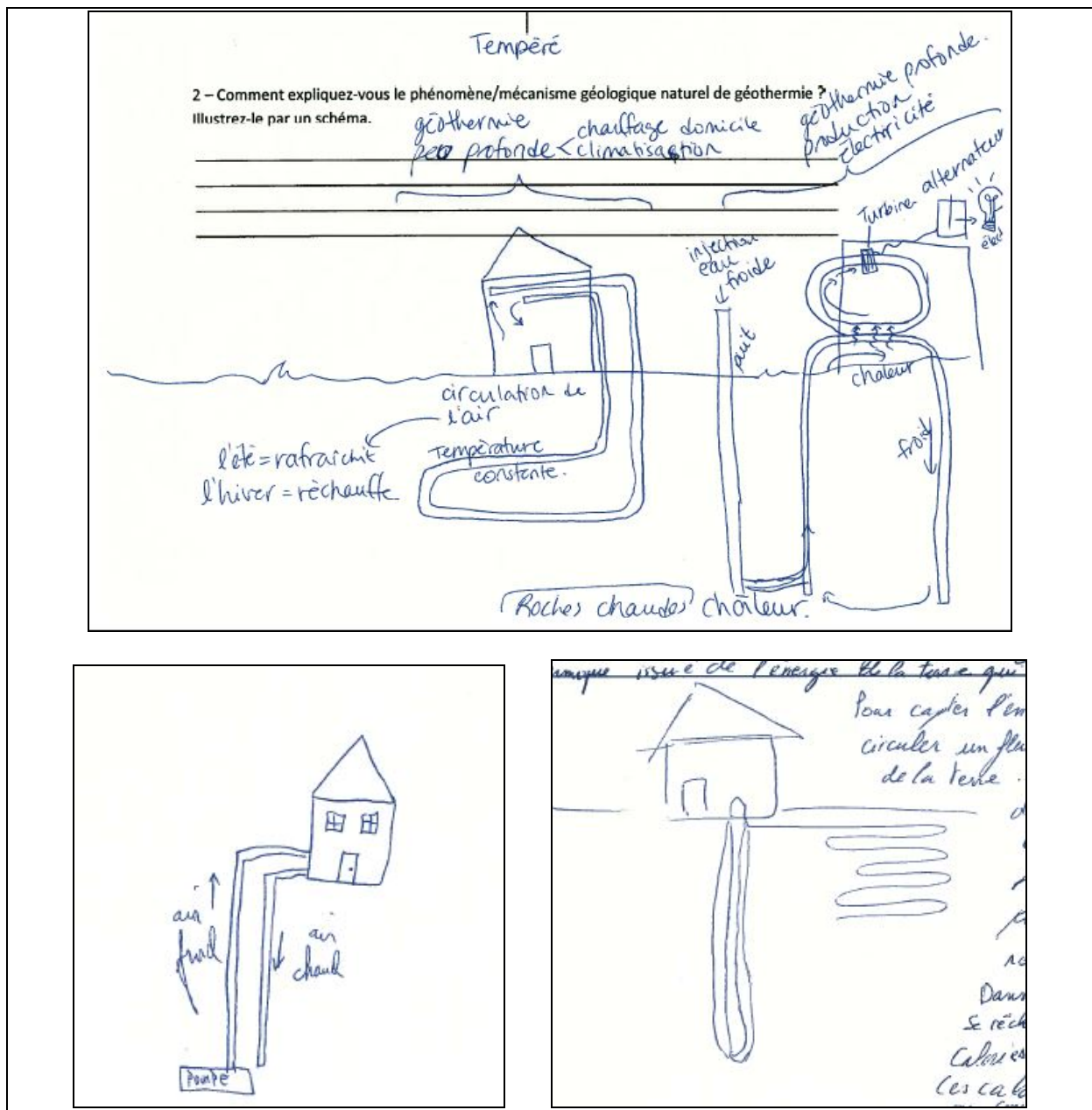


Figure 113 : Exemples de dessins d'étudiants de Montréal en post-test pour la question 2b

Pour le post-test, les dessins représentant une exploitation du type centrale géothermique ont été considérés comme experts (deux dessins), tout comme ceux représentant le phénomène de gradient géothermique (cinq dessins). Les dessins qui représentent seulement une maison alimentée par un réseau sous-terrain ont été considérés comme contextuels (cinq dessins). Sur les 14 dessins récoltés, deux ont été considérés comme acontextuels naïfs car trop peu détaillés et ne relevant pas spécifiquement du contexte géothermique de Montréal.

La figure 114 illustre les effectifs de réponses par modalité de traitement pour les pré et post-tests de Montréal.

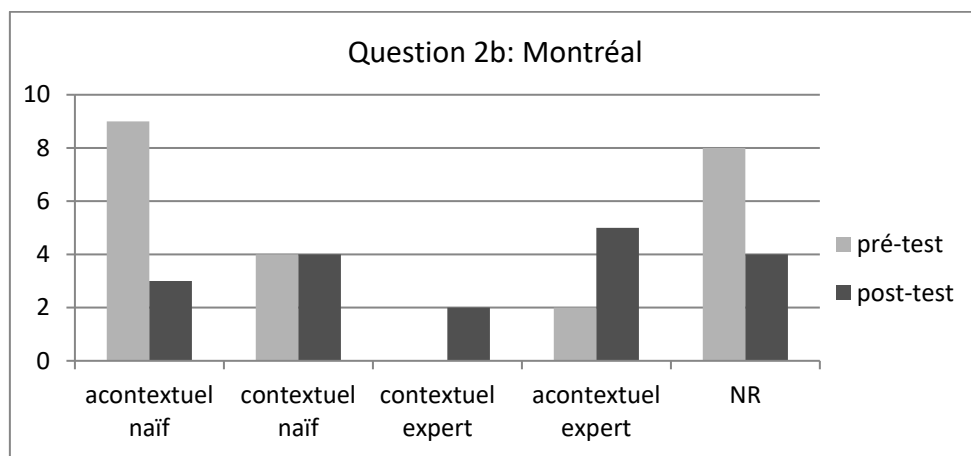


Figure 114 : Histogramme descriptif des réponses à la question 2b pour les étudiants de Montréal

La seule évolution notable concerne trois étudiants ayant réalisé des dessins naïfs acontextuels en pré-test qui ont réalisé des dessins expert acontextuels en post-test.

Questions 3, 4 et 5

Les questions 3, 4 et 5 relèvent également de connaissances sur la géothermie, mais sont plus ciblées. Elles n'ont pas été traitées de la même manière que les questions précédentes. Pour la question 3, sur le produit de la géothermie, les réponses ont été traitées seulement selon la dimension de la contextualité car les réponses données n'ont pas permis de juger de la technicité ou de la scientificité de la réponse. Pour les questions 4 et 5, sur la localisation et la profondeur de la ressource géothermique, trois catégories de réponses ont été formulées, selon les deux dimensions (contextualité et expertise) : les réponses acontextuelles naïves, acontextuelles expertes, et les réponses contextuelles. Pour cette dernière catégorie, il n'a pas non plus été possible de différencier le vocabulaire naïf du vocabulaire expert. Le tableau 81 indique les effectifs de non réponses à ces trois questions.

Tableau 81 : Descriptif quantitatif des non réponses aux questions 3, 4 et 5

Enoncé des questions et nombre de non réponses par question.	Cohorte			
	1	2	3	4
Effectif total	12	23	8	18
Q3 : Que produit l'exploitation d'une ressource géothermique ?	0	0	0	1
Q4 : Où peut-on trouver une ressource géothermique ?	0	2	0	1
Q5 : À quelle profondeur, selon vous, exploite-t-on la géothermie ?	4	4	1	2

Pour ces trois questions, les quatre cohortes ont été regroupées sur un seul et même graphique. Comme nous l'avons déjà indiqué en méthodologie la cohorte de Guadeloupe post-test n'est constituée que de huit étudiants (contre 12 en pré-test). Cette diminution importante de l'effectif est une limite pour l'interprétation des résultats, et ne permet pas, bien souvent, de tirer des conclusions quant à l'évolution des réponses. Sur les 12 étudiants du pré-test, seulement sept sont présents en post-test et un nouveau, n'ayant pas fait le pré-test, est présent en post test. En ce qui concerne Montréal, sur les 23 étudiants présents en pré-test, 17 sont présents en post-test et un nouveau, n'ayant pas fait le pré-test, est présent en post test.

Question 3

La figure 115 illustre les effectifs de réponse à la question 3.

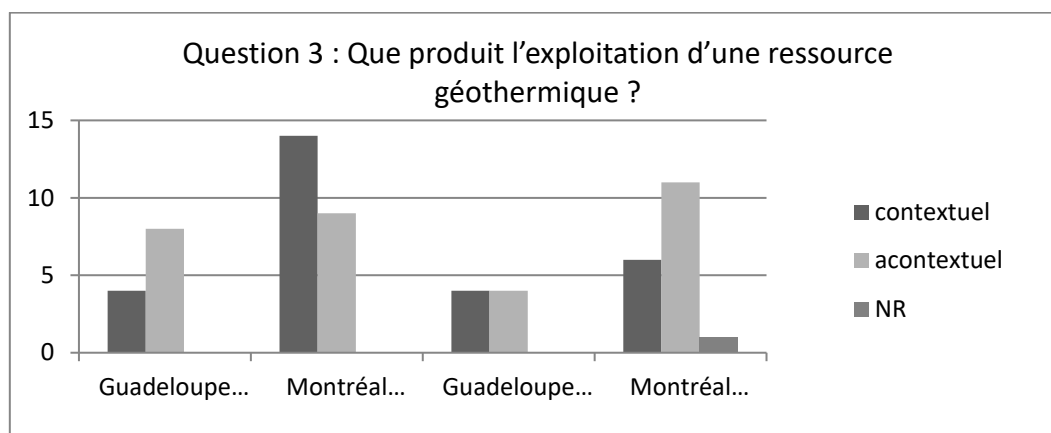


Figure 115 : Histogramme descriptif des réponses à la question 3

En Guadeloupe (cohortes 1 et 3), étant donné le faible effectif, il n'est pas possible de décrire l'évolution des réponses entre le pré-test et le post test. Les réponses semblent assez partagées, et les réponses données sont « énergie » et « électricité ». Pour Montréal (cohortes 2 et 4), on observe une légère différence : il y a plus de réponses contextuelles comparativement aux réponses acontextuelles en pré-test et c'est l'inverse pour le post-test (environ 60% de réponses sont contextuelles en pré-test contre seulement environ 30% en post-test). Les réponses données sont majoritairement « énergie », « chaleur » ou encore « chauffage ». Certaines réponses étonnantes ont toutefois été identifiées en pré-test : « le pétrole, le gaz naturel » ; « cuivre pétrole » et « pétrole ». Ces réponses disparaissent lors du post-test.

Question 4

La figure 116 illustre les effectifs de réponse à la question 4.

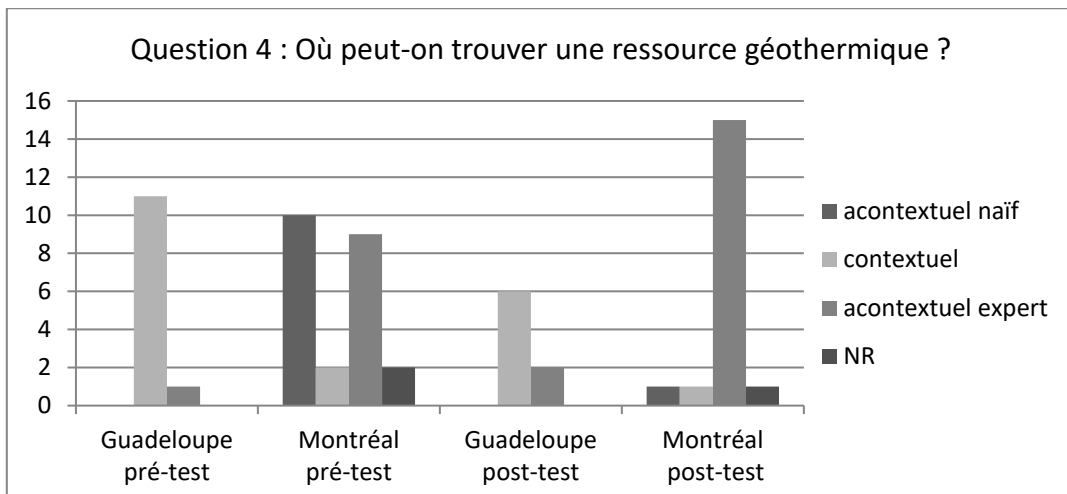


Figure 116 : Histogramme descriptif des réponses à la question 4

En Guadeloupe, il n'est pas possible de décrire l'évolution des réponses entre le pré-test et le post-test en raison du faible effectif. Néanmoins, les réponses sont en grande majorité contextuelles. En revanche, pour Montréal, une augmentation des réponses acontextuelles expertes en post-test est observable : neuf réponses sur 21 exprimées en pré-test et 15 réponses sur 17 exprimées en post-test. Il y a également une nette diminution des réponses acontextuelles naïves : 10 réponses sur 21 en pré-test contre seulement une sur 17 en post-test

Question 5

La figure 117 illustre les effectifs de réponse à la question 5.

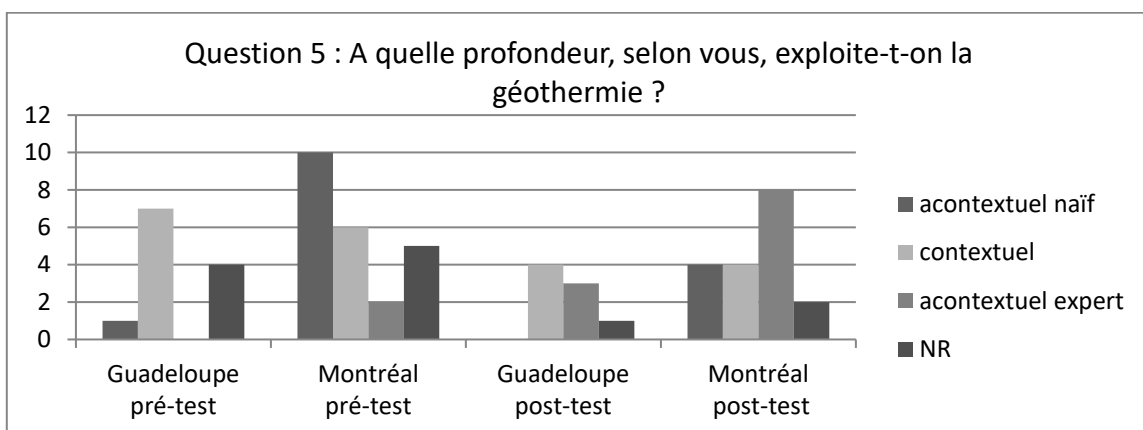


Figure 117 : Histogramme descriptif des réponses à la question 5

En Guadeloupe, les réponses données sont essentiellement contextuelles en pré-test, et malgré le faible effectif d'étudiants en post-test, on observe une petite augmentation des réponses expertes, et une diminution des réponses naïves et contextuelles. Il y a également moins de non réponses. À

Montréal on observe une diminution des réponses naïves et une augmentation des réponses expertes. En ce qui concerne les réponses contextuelles, l'interprétation est limitée en raison de la diminution de l'effectif en post-test. De manière plus générale, il semble que des deux côtés, les étudiants répondent de manière plus experte à la question en post-test.

Question 6 et 7

Les questions 6 et 7 sont des questions fermées pour lesquelles il était demandé, pour la première de cocher les mots appartenant au domaine de la géothermie, et pour la seconde, de cocher les processus en jeu dans le domaine de la géothermie. Pour ces deux questions, la totalité des individus ont répondu, il n'y a donc pas de non réponse.

Pour rappel :

- cohorte 1 (C1), Guadeloupe, pré-test = 12 ;
- cohorte 2 (C2), Montréal, pré-test = 23 ;
- cohorte 3 (C3), Guadeloupe, post-test = 8 ;
- cohorte 4 (C4), Montréal, post-test = 18.

Question 6

À titre indicatif, le tableau 82 reprend les données brutes, il s'agit des effectifs de réponses pour la question 6, pour chaque modalité. On constate aisément que les mots les plus cochés toutes cohortes confondues sont : énergie, chaud, chauffage, magma et volcan.

Tableau 82 : Descriptif quantitatif des réponses à la question 6 (en effectif)

Q6	foret	pompe	turbine	pétrole	forage	gaz	aquifère	volcan	neige	radioactivité	feu	chaud	froid	magma	éolienne	soleil	énergie	CO2	chauffage	climatisation	climat	isolation	pluie	vapeur
C1	0	6	8	0	5	3	4	7	0	0	1	12	3	9	1	0	12	0	9	2	0	1	2	10
C2	4	9	3	10	9	11	1	15	4	5	6	19	5	17	2	4	22	7	13	4	5	5	4	7
C3	0	6	8	1	8	4	8	5	0	0	0	8	3	6	1	0	8	0	8	7	0	2	3	8
C4	1	15	13	2	14	4	9	13	4	3	2	17	18	11	3	6	18	0	18	16	7	6	2	10
tot	5	36	32	13	36	22	22	40	8	8	9	56	29	43	7	10	60	7	48	29	12	14	11	35

Selon les histogrammes ci-dessous reflétant les pourcentages (figures 118 et 119), des deux côtés, les mots les plus cochés sont énergie, chaud, chauffage, magma et volcan. À l'inverse, les mots les moins cochés sont forêt, CO₂, éolienne, radioactivité, neige et feu. Des deux côtés, des évolutions importantes ont été constatées. Les mots : aquifère, climatisation, forage, turbine et pompe sont beaucoup plus cochés en post-test.

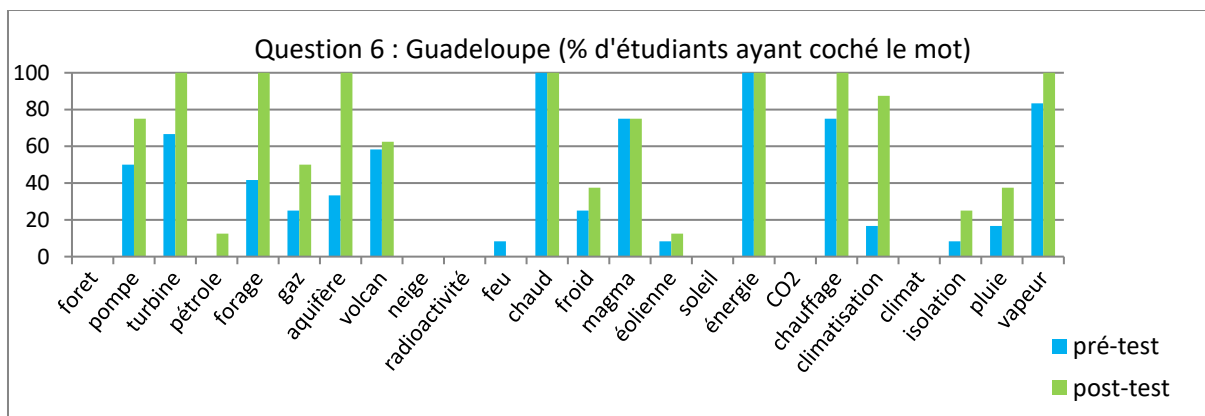


Figure 118 : Histogramme représentant les réponses recueillies à la question 6 en Guadeloupe

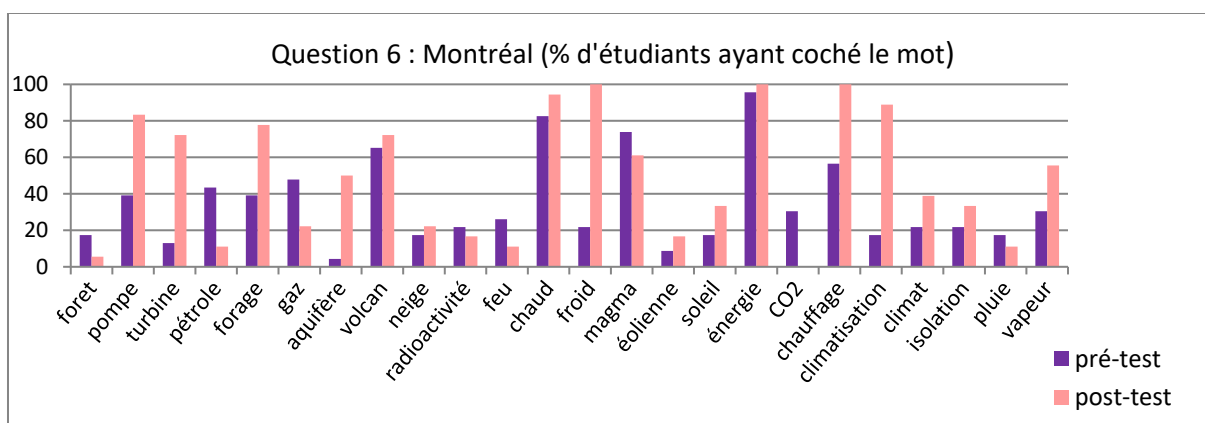


Figure 119 : Histogramme représentant les réponses recueillies à la question 6 à Montréal

Question 7

Tout comme pour la question 6, les données brutes des réponses à la question 7 ont été reportées dans le tableau 83. Les termes les plus cochés (toutes cohortes confondues) sont flux de chaleur, thermodynamique, conduction et magmatisme.

Tableau 83 : Descriptif quantitatif des réponses à la question 7 (en effectif)

Q7	Cohorte 1	Cohorte 2	Cohorte 3	Cohorte 4	total
Thermodynamique	9	17	7	14	47
Conduction	6	11	6	16	39
Convection	4	12	1	13	30
Rayonnement	0	6	0	3	9
Précipitation	0	2	2	2	6
Sismique	2	9	2	2	15
Flux de chaleur	11	20	8	16	55
Magmatisme	8	17	4	8	37
Ionisation	0	2	0	1	3

D'après les résultats illustrés par les histogrammes (figures 120 et 121), nous constatons une étonnante similitude entre les deux groupes, Guadeloupe et Montréal. Des deux bords, le nombre d'étudiants ayant coché les concepts de thermodynamique, conduction, précipitation et flux de chaleur augmente entre le pré-test et le post-test. Le nombre d'étudiants ayant coché le concept de magmatisme diminue entre le pré-test et le post-test. La différence principale ressortant concerne la notion de convection. Cette dernière diminue entre le pré-test et le post-test en Guadeloupe alors qu'elle augmente à Montréal. Sur les quatre individus ayant coché convection en pré-test, seul un ne l'a pas coché en post-test, et deux étaient absents en post-test. Par ailleurs, les termes rayonnement et ionisation ne sont jamais cochés en Guadeloupe, alors qu'ils le sont à Montréal.

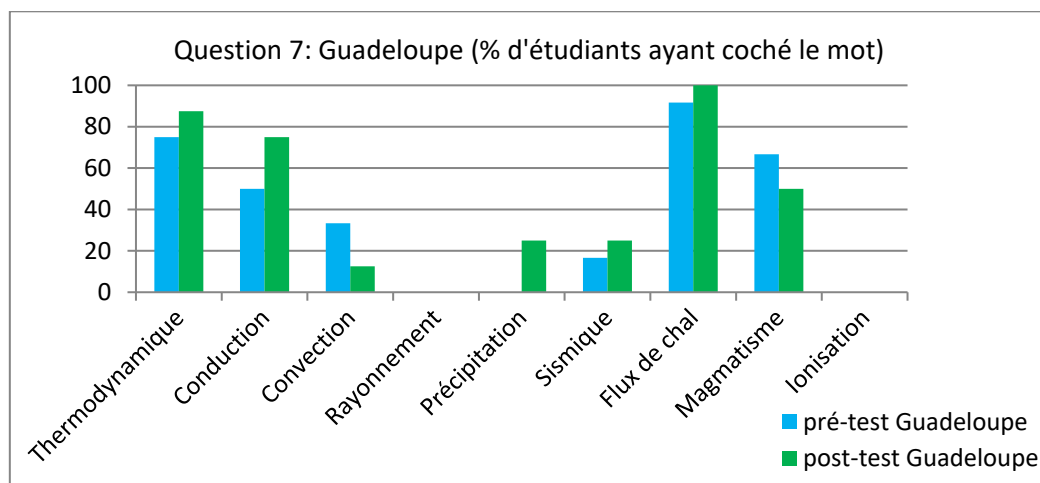


Figure 120 : Histogramme représentant les réponses recueillies à la question 7 en Guadeloupe

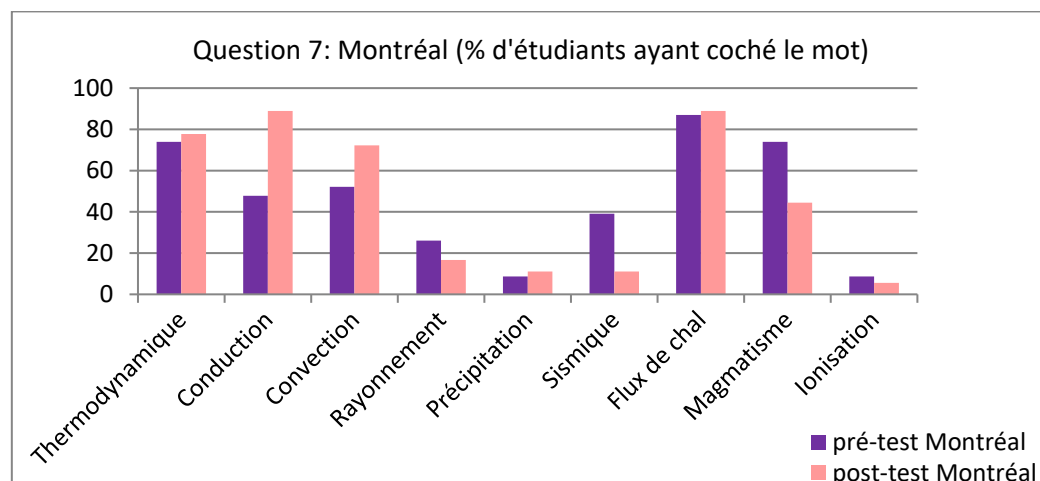


Figure 121 : Histogramme représentant les réponses recueillies à la question 7 à Montréal

Question 8

Cette question est une question ouverte à laquelle il était demandé de répondre par un dessin. Pour la Guadeloupe, nous n'avons récolté que deux dessins en pré-test, et sept en post-test. Pour Montréal, nous avons récolté autant de dessins en pré-test qu'en post-test, soit six dessins (tableau 84).

Tableau 84 : Descriptif quantitatif des non réponses à la question 8

Enoncé des questions et nombre de non réponses par question.	Cohorte			
	1	2	3	4
Effectif total	12	23	8	18
Q8 : Dessine une exploitation géothermique	10	6	1	6

Seulement 2 dessins ont été récoltés pour cette question pour le pré-test en Guadeloupe. Les deux dessins sont assez ressemblants et illustrent une turbine produisant de l'énergie, avec un réseau de tuyaux. Les deux dessins ont été considérés comme contextuels en raison de la présence d'une turbine (figure 122).

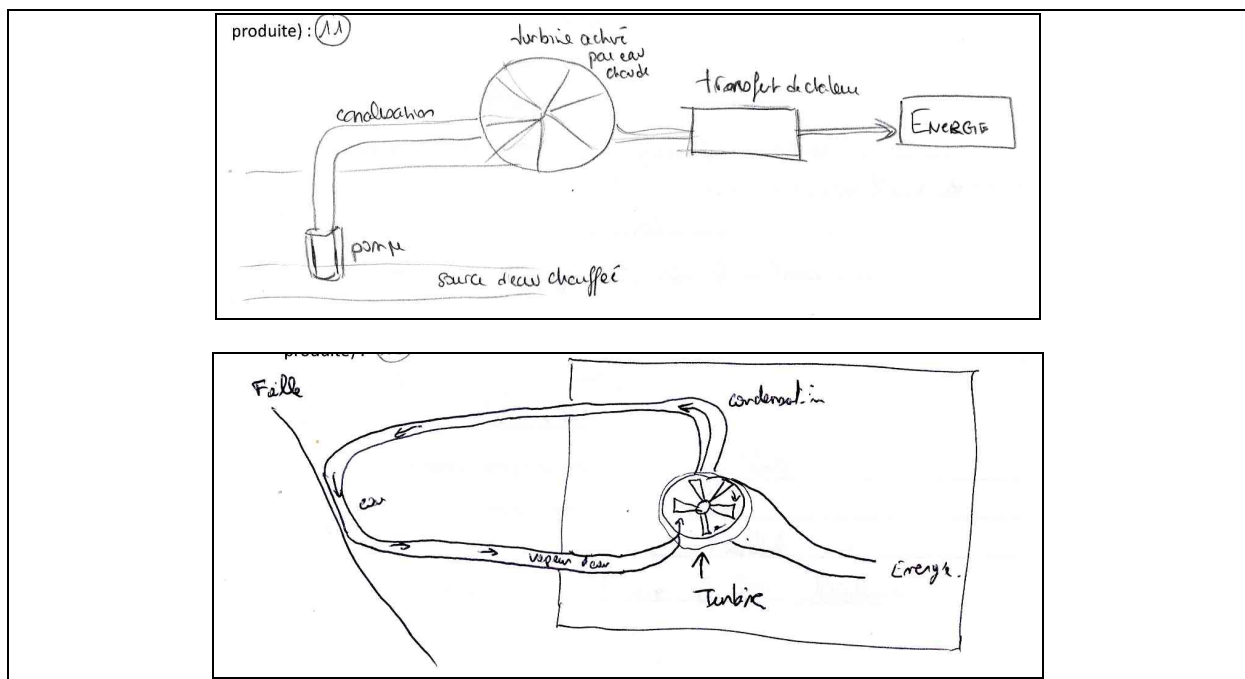


Figure 122 : Dessins des étudiants de Guadeloupe en pré-test pour la question 8

En post-test, les dessins sont tous également très contextuels et représentent une usine ou une centrale. Sur les sept dessins, cinq font référence à une production d'électricité (figure 123).

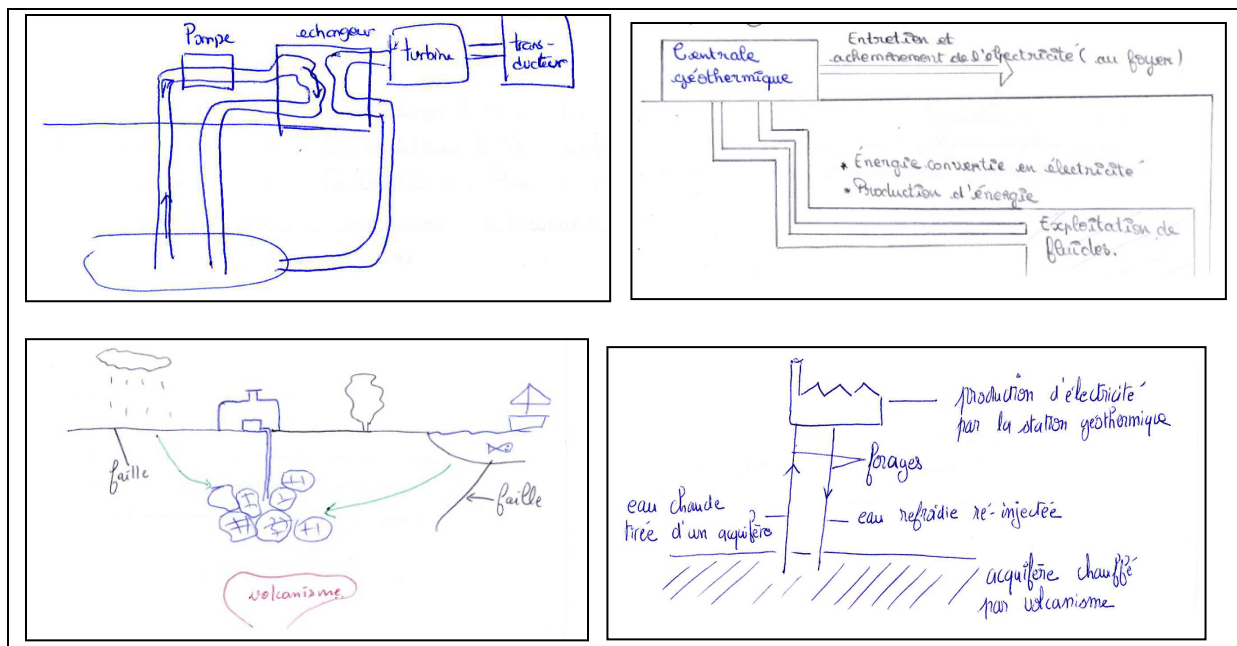


Figure 123 : Exemple de dessins des étudiants de Guadeloupe en post-test pour la question 8

À Montréal, 14 dessins ont été récoltés pour le pré-test. Quatre d'entre eux représentent une exploitation liée au pétrole, trois illustrent une maison, un montre un volcan et un présente plusieurs énergies renouvelables, mais sept des 14 dessins font référence à une production de chaleur ou d'eau chaude (figure 124).

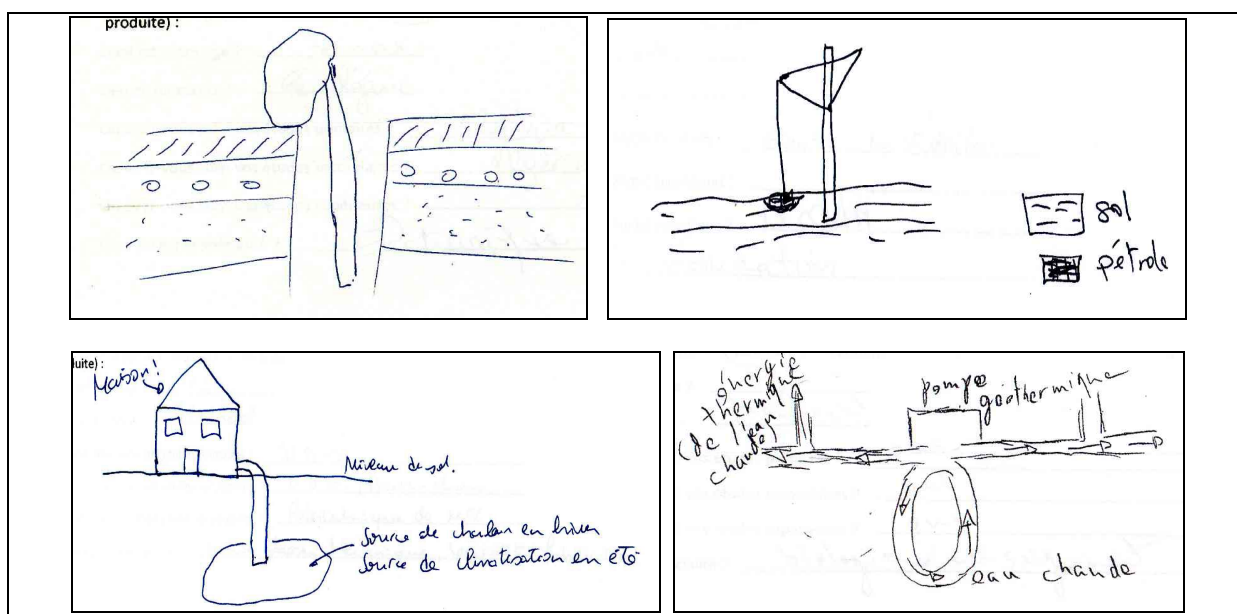


Figure 124 : Exemple de dessins des étudiants de Montréal en pré-test pour la question 8

Pour le post-test, 14 dessins ont été collectés à Montréal. Neuf représentent une maison avec un circuit de tuyaux ou un système de puits produisant de la chaleur ou de la fraîcheur. Trois autres dessins ne représentent pas de maison mais illustrent cependant une notion de régulation de

température dans un bâtiment. Enfin, seulement deux dessins font référence à une production d'électricité (figure 125).

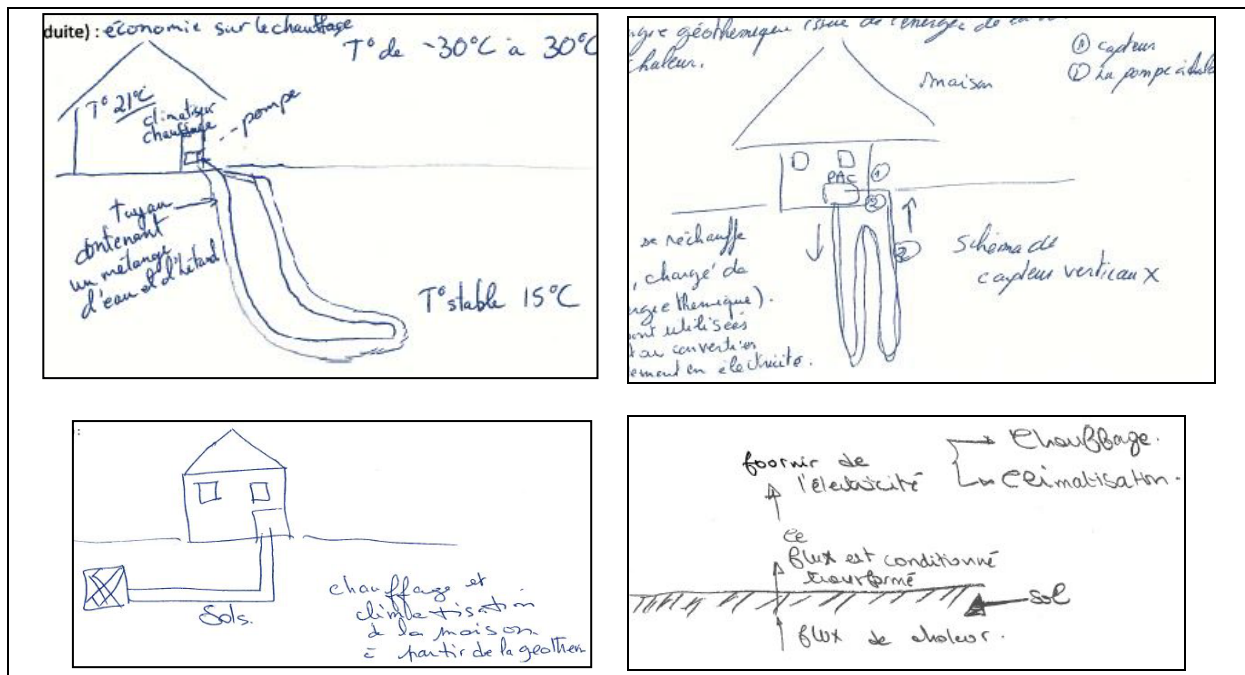


Figure 125 : Exemple de dessins des étudiants de Montréal en post-test pour la question 8

Pour cette question, on constate que les réponses sont très contextuelles, aussi bien en pré-test qu'en post-test, tout comme pour la question 2b requérant également des dessins. Il semble que les étudiants aient plus de facilité à exprimer des représentations acontextuelles lorsqu'il leur est demandé de les exprimer avec des mots que lorsqu'il leur est demandé de les dessiner. Nous pouvons supposer que si les étudiants comprennent les différentes géothermies existantes, leur image mentale, se réfère plutôt à leur observation du réel.

Question 9

Pour cette question, seule une non réponse a été constatée pour un étudiant de Montréal en post-test. En dehors de cela, tous les sujets interrogés ont fourni une réponse. Les données sont illustrées en effectifs dans la figure 126.

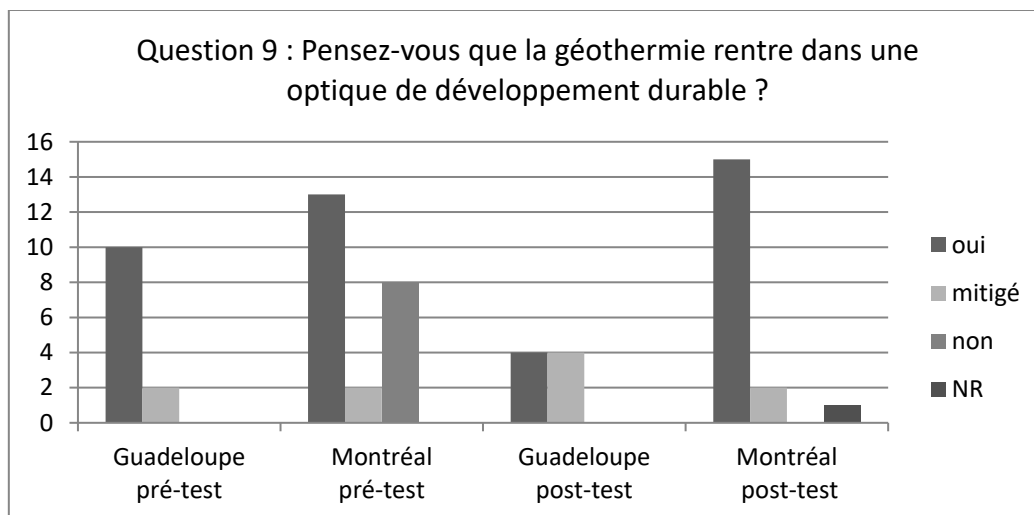


Figure 126 : Histogramme descriptif des réponses à la question 9

Entre le pré-test et le post-test, les étudiants de Guadeloupe et de Montréal n'évoluent pas de la même manière. En Guadeloupe, pour le pré-test, dix étudiants affirment penser que la géothermie intègre le concept de développement durable, et deux affirment être d'accord mais avec une réserve : « Oui, ça dépend de l'attention portée aux rejets de chaleur dans l'environnement » (sujet 2, pré-test) ; « Oui, ressource disponible en permanence, sans risque d'épuisement. Mais exploitation coûteuse ? Et matériaux à la fois fragiles et non recyclables ? » (Sujet 6, pré-test). En post-test, il y a une augmentation des étudiants mitigés sur l'affirmation : quatre sur les huit pensent que la géothermie intègre le concept de développement durable et les quatre autres émettent une réserve quant à cette affirmation : « Je pense que c'est une énergie durable puisque l'eau est disponible en continu. Mais on ne sait pas quel en sera son impact à très long terme » (sujet 43, post-test). En revanche, aucune réponse négative n'a été relevée quant à la proposition, ni en pré-test, ni en post-test. La diminution des réponses en accord avec la question n'est pas significative car il s'agit de cinq étudiants absents au post-test. En revanche, un des étudiants qui était en accord en pré-test fournit une réponse mitigée en post-test.

À Montréal, il y a une légère augmentation des étudiants en accord avec le fait que la géothermie entre dans une optique de développement durable (13 étudiants en pré-test et 15 en post-test). Seul un étudiant en accord en pré-test devient mitigé en post-test. Le nombre d'étudiants mitigés sur cette affirmation ne change pas entre le pré-test et le post-test. Par contre, beaucoup moins d'étudiants en post-test prétendent ne pas être d'accord avec l'affirmation : huit étudiants en pré-test et aucun étudiant en post-test. Sur les huit étudiants en désaccord en pré-test, quatre changent d'avis (trois adoptent un avis positif et un émet une réponse mitigée). Les quatre autres réponses de désaccord en pré-test correspondent à des étudiants absents en post-test.

Ces observations laissent à supposer que les étudiants de Guadeloupe, pendant la formation, ont développé leur esprit critique. Ils sont plus à même de juger de la durabilité des ressources et des exploitations géothermiques. À Montréal, beaucoup d'étudiants faisaient initialement un lien entre la géothermie et les énergies fossiles, et affirmaient que la géothermie était une énergie polluante, néfaste pour l'environnement, ou encore qu'elle participait à l'augmentation des gaz à effet de serre.

À la suite de la formation ils ont développé leurs connaissances sur le sujet et ont réalisé que la géothermie fait partie des énergies renouvelables.

Question 10

Pour cette question, il n’y a eu aucune non réponse en Guadeloupe, ni en pré-test ni en post-test. Pour Montréal, non avons constaté trois non réponses en pré-test et une en post-test. Les données ont été reportées dans un histogramme illustrant les effectifs de réponses pour chaque modalité (figure 127).

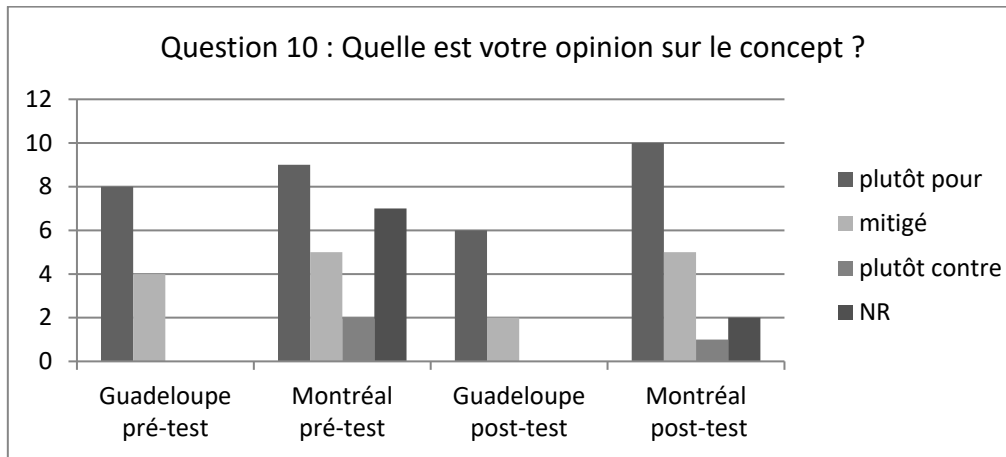


Figure 127 : Histogramme descriptif des réponses à la question 10

Les étudiants de Guadeloupe, comme ceux de Montréal, sont plus nombreux à être favorables à la géothermie après leur formation. Pour la Guadeloupe, sur les huit étudiants favorables en pré-test deux deviennent mitigés en post-test, quatre restent favorables et deux sont absents. Sur les quatre étudiants mitigés en pré-test, un devient favorable et trois sont absents.

Pour Montréal, sur les neuf étudiants favorables en pré-test, deux deviennent mitigés et quatre restent favorables (les trois autres sont absents). Sur les cinq étudiants mitigés en pré-test, trois restent mitigés et deux deviennent favorables en post-test. Et sur les deux étudiants défavorables en pré-test, un reste défavorable et un ne répond pas à la question en post-test. En ce qui concerne les sept non réponses du pré-test, trois sont absents en post-test, trois sont favorables et un ne répond pas.

Dans l’ensemble, il semble que les étudiants de Guadeloupe ont une opinion nettement plus favorable sur le développement de la géothermie que ceux de Montréal, sans doute car le développement de cette ressource en Guadeloupe, où le potentiel est connu et prometteur, est perçu comme un véritable enjeu (indépendance énergétique). Alors qu’au Québec, l’hydroélectricité, déjà bien présente, est une ressource abondante et prometteuse. Le développement de la géothermie n’y présente pas de véritable enjeu.

Question 12

Pour cette question, il y a trois non réponses en Guadeloupe en pré-test et aucune en post-test. Pour Montréal, il y a quatre non réponses en pré-test et deux en post-test. Les données ont été reportées dans un histogramme illustrant les effectifs de réponses pour chaque modalité (figure 128).

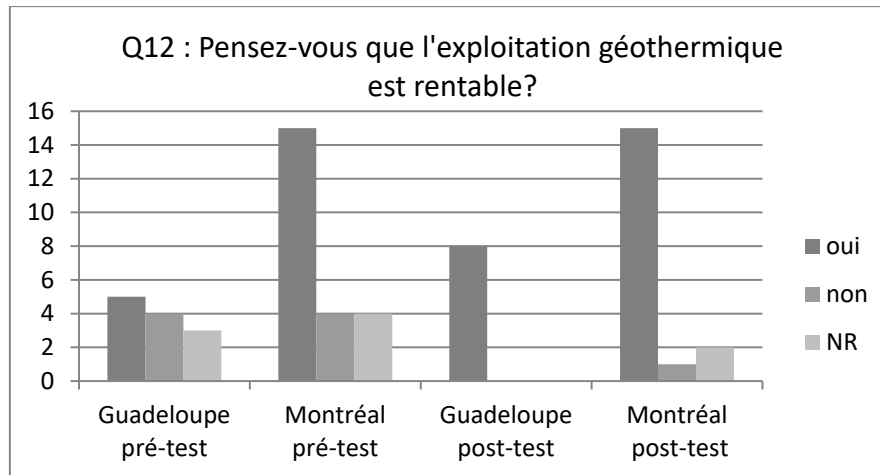


Figure 128 : Histogramme descriptif des réponses à la question 12

Pour la Guadeloupe, le nombre d'étudiants pensant que la géothermie est rentable augmente franchement entre le pré-test et le post-test. Sur les cinq étudiants pensant que la géothermie est rentable en pré-test, quatre gardent le même avis en post-test et un est absent, et sur les quatre réponses négatives du pré-test, trois deviennent positives, et un étudiant est absent. Les trois non réponses du pré-test sont des étudiants absents en post-test.

Pour Montréal, sur les 15 étudiants déclarant penser que la géothermie est rentable en pré-test, 11 gardent le même avis, l'un d'entre eux change d'avis et déclare que la géothermie n'est pas rentable en post-test, un ne répond pas et trois sont absents. Sur les quatre étudiants ayant fourni une réponse négative, trois changent d'avis et répondent « oui » en post-test, un ne répond pas et un est absent. Enfin sur les quatre non réponses du pré-test, deux répondent oui et deux sont absents. L'étudiant absent au pré-test fournit une réponse négative au post-test.

Globalement, les étudiants deviennent plutôt d'accord avec le fait que la géothermie est rentable en post-test.

3.5.1.2. Analyses d'interdépendance

Les ACM sont des analyses permettant de corrélérer plusieurs variables et de visualiser leur répartition dans un graphique à plusieurs dimensions. Les axes ou les dimensions structurant les graphiques peuvent permettre d'opposer des variables. La répartition des variables peut également former des zones de regroupement et faire ressortir des profils de réponses.

Une ACM a été réalisée sur la première question : donnez 5 mots qui, selon vous, sont en lien avec la géothermie. Un total de 298 mots a été récolté parmi lesquels nous avons identifié 118 mots différents. Chaque mot est qualifié par deux chiffres : le type de mot et le numéro de la cohorte de

l'étudiant ayant cité le mot. Il s'agit là des deux variables. Les individus ici sont donc les 298 mots récoltés.

Comme nous l'avons expliqué dans la méthodologie, deux traitements ont été réalisés à environ deux ans d'intervalle et des ACM ont été effectuées sur les deux traitements. Le détail de la classification des mots pour ces deux traitements est illustré dans l'annexe 11, p. 397. L'ACM illustrant le premier traitement (2016) a également été placé dans l'annexe 12, p. 401. Celle illustrant le deuxième traitement, jugé plus pertinente au vu du recul acquis pendant l'intervalle de temps, est présentée dans cette partie. Le tableau et le graphique des valeurs propres de l'analyse présentée ici est disponible en annexe 13 p. 403. Le choix a été fait de conserver les deux analyses car, malgré la légère différence observée dans les graphiques, l'idée générale tirée de l'interprétation des analyses reste la même. Le tableau de coordonnées des points du traitement de 2018 est présenté ici (tableau 85).

Tableau 85: Coordonnées et contributions à l'inertie de l'ACM

Nom ligne	Num ligne	Coord. Dim 1	Coord. Dim 2	Masse	Qualité	Inertie relative	Inertie D1	Cosinus ² D1	Inertie D2	Cosinus ² D2
Guadeloupe pré-test	1	-0,270	1,512	0,096	0,558	0,116	0,010	0,017	0,379	0,541
Montréal pré-test	2	1,010	-0,291	0,186	0,656	0,090	0,265	0,606	0,027	0,050
Guadeloupe post-test	3	-1,396	-0,832	0,067	0,409	0,124	0,182	0,302	0,080	0,107
Montréal post-test	4	-0,455	-0,229	0,151	0,112	0,100	0,044	0,090	0,014	0,023
acontextuels naïfs	5	0,485	0,085	0,317	0,420	0,052	0,104	0,407	0,004	0,013
contextuels naïfs	6	-0,668	2,160	0,039	0,427	0,132	0,024	0,037	0,312	0,390
contextuel experts	7	-1,381	-0,423	0,050	0,234	0,128	0,134	0,213	0,016	0,020
acontextuels experts	8	-1,111	-0,795	0,081	0,358	0,120	0,138	0,237	0,088	0,121
hors sujet	9	2,316	-1,866	0,013	0,244	0,139	0,100	0,148	0,081	0,096

D'après le tableau ci-dessus les modalités ayant le plus d'inertie sont « Montréal pré-test » en positif et les mots « acontextuels naïfs » en négatif selon la dimension 1, et « Guadeloupe pré-test » et « contextuels naïfs » en positif et les mots « acontextuels experts » en négatif, selon la dimension deux.

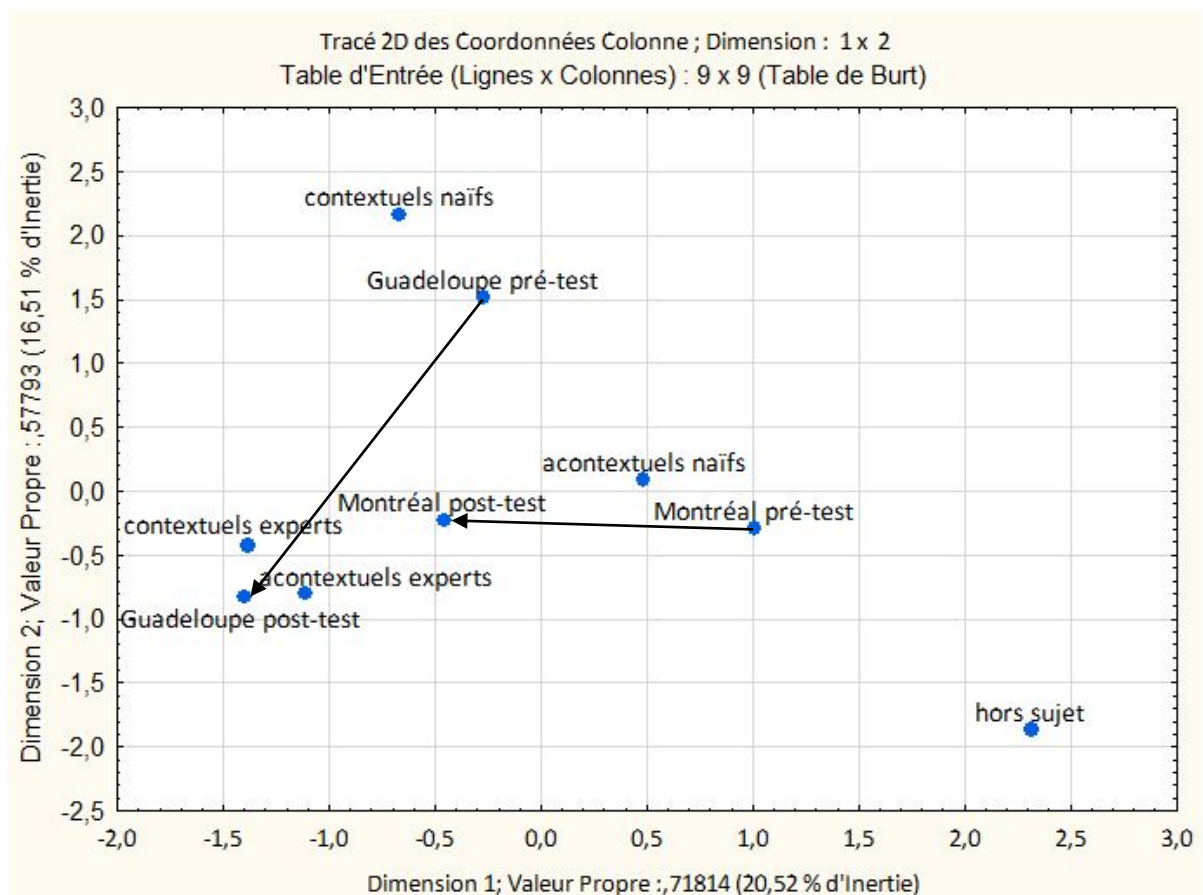


Figure 129: ACM de la question 1 « donnez cinq mots en lien avec la géothermie »

La répartition des modalités sur le graphique permet de définir des zones de conceptions, et de situer les échantillons dans ces zones. L'échantillon 1 (Guadeloupe pré-test) se trouve proche de la catégorie des mots contextuels naïfs, qui est une modalité ayant une forte inertie. L'échantillon 3 (Guadeloupe post-test) se trouve, quant à lui, proche d'une zone comprenant les catégories de mot 3 et 4 (contextuels et acontextuels experts), la catégorie 4 (acontextuel expert) étant celle ayant une des plus fortes inerties. L'échantillon 2 (Montréal pré-test), quant à lui, se trouve proche de la catégorie des mots acontextuels naïfs, ayant une faible inertie. L'échantillon 4 (Montréal post-test), se trouve dans la zone des mots acontextuels experts. Les étudiants de Montréal et de Guadeloupe, selon l'analyse faite pour cette question, passent donc de conceptions plutôt naïves, à des conceptions plus expertes. Par ailleurs, les étudiants de Guadeloupe en pré-test, déclarent des conceptions contextuelles et naïves, alors que les étudiants de Montréal, en pré-test, déclarent des conceptions naïves également mais beaucoup moins contextuelles.

3.5.2. Résultats de l'analyse des vidéos d'échanges entre les équipes homologues

Chaque vidéo a été retranscrite dans un tableur Excel avec des colonnes séparées incluant les contenus d'échanges de chaque côté (pour la Guadeloupe et pour Montréal). Un séquençage a ensuite été réalisé décrivant l'organisation générale des idées ou des thématiques d'échanges. Des tableaux introductifs pour l'analyse de chaque vidéo présenteront ce séquençage, suivi d'explications détaillées de chaque séquence. Chacune des vidéos est présentée par un tableau qui illustre les

différentes séquences identifiées, puis par un commentaire sur le contenu des échanges et des effets de contextes identifiés. Enfin, un tableau reprendra pour chacune des vidéos la liste des effets de contextes. L'organisation du corpus de vidéos est clarifiée dans le tableau 86.

Note : le nombre d'étudiants dans l'équipe ne correspond pas nécessairement au nombre de locuteurs dans les vidéos (parfois tous les membres de l'équipe ne sont pas présents le jour de l'échange vidéo, parfois, l'étudiant est présent sur la vidéo mais n'intervient pas ou n'est pas dans le champ du cadre.

Tableau 86 : Correspondance entre les vidéos récoltées, les dates et les identifiants des équipes

Équipe A	De l'exploitation de la ressource naturelle à la production d'électricité	2 mars 2016 (séance 3)
Équipe B	Les différents domaines d'exploitation de la géothermie	24 février 2016 (séance 1)
Équipe C	Refroidir un volume d'air à partir d'un volume d'eau froide tout en préservant les écosystèmes	2 mars 2016 (séance 3)
Équipe D	Le milieu favorable pour une géothermie optimale	24 février 2016 (séance 1) 9 mars 2016 (séance 4)
Équipe E	Prospection de sites exploitables par géothermie en tenant compte des caractéristiques de l'eau	9 mars 2016 (séance 4)

Les vidéos sont analysées et présentées une par une dans l'ordre figurant dans le tableau 86.

Analyse séquentielle de la vidéo de l'équipe A du 02 mars 2016

Le travail de l'équipe A consiste à comprendre le mécanisme de production d'électricité par la géothermie. L'équipe de Montréal s'intéresse à la transformation de l'énergie thermique en énergie mécanique, et cherche à reproduire à petite échelle un modèle contenant une petite turbine alimentée par de la chaleur. L'équipe de Guadeloupe, pour comprendre le mécanisme, a été visiter la centrale géothermique de Bouillante. Le tableau 87 fournit les caractéristiques générales de la vidéo, et le tableau 88 illustre le séquençage réalisé pour cette vidéo.

Tableau 87 : Descriptif de la vidéo de l'équipe A

Équipe A	Guadeloupe	Montréal
Durée : 08:10 minutes Séance n°3 Date : 02/03/2016 Nombre de séquences : 9	2 étudiantes dans l'équipe 2 étudiantes présentes 2 locutrices GA1 et GA2	5 étudiants dans l'équipe 5 étudiants présents 5 locuteurs MA1, MA2, MA3, MA4 et MA5

Tableau 88 : Séquençage de la vidéo de l'équipe A

N° de la séquence	Description de la séquence
A-S1 : 0:00 à 0:50	Formalité d'introductions et présentation des intervenants
A-S2 : 0:50 à 1:20	Discussion sur les échanges de documents
A-S3 : 1:20 à 2:00	Mise au point sur la thématique commune d'investigation : de l'exploitation de la ressource à la production d'électricité
A-S4 : 2:00 à 2:47	Présentation de l'activité mise en place par les étudiants de Guadeloupe : visite de la centrale géothermique de Bouillante
A-S5 : 2:47 à 3:40	Explication du contexte énergétique par les étudiants de Montréal :

	l'électricité vient plutôt de l'hydroélectricité au Québec
A- S6 : 3:40 à 5:18	Présentation de l'expérience en cours de réalisation par les étudiants de Montréal : construction d'une maquette avec rotation d'une petite turbine à partir de vapeur d'eau
A- S7 : 5:18 à 6:58	Mise au point sur les échanges ultérieurs avec les outils mis à disposition (carnet de suivi Moodle)
A- S8 : 6:58 à 7:38	Description des observations faites par les étudiants de Guadeloupe lors de l'investigation
A- S9 : 7 :38 à 8 :10	Formalités de fin

Lors de cet échange, les équipes, dans un premier temps, se présentent et se saluent (A-S1). Les séquences 2 et 3 sont constituées de la mise en accord des deux équipes sur une thématique commune : « De l'exploitation de la ressource à la production d'électricité ». Ce qui est étonnant ici, c'est que les étudiants de Montréal n'ont pas choisi une thématique qui soit contextuelle.

À la suite du séquençage réalisé sur la retranscription de la vidéo, les séquences d'interactions jugées intéressantes lors de l'échange ont été sélectionnées. Il s'agit des séquences S4 et S5. Lors de la séquence 4, les étudiantes de Guadeloupe racontent à l'autre équipe l'activité qu'elles ont réalisée : la visite de la centrale de Bouillante. Cela provoque une réaction d'intérêt de la part des étudiants de Montréal. Il est possible d'associer cet intérêt fortement explicité à un effet de contextes.

Lors de la séquence 5, une question intéressante est posée aux étudiants de Montréal :

GA1 : « Mais du coup vous avez des centrales au Canada ou pas, concernant la géothermie ? Y'a des ressources ? [...] »

MA1 : « Non. »

MA2 : « L'énergie que nous on a au Québec, c'est surtout de l'hydroélectricité, ce n'est pas vraiment un bon endroit pour la géothermie. »

GA1 : « Ahh d'accord ! »

Plusieurs échanges se font sur l'explication du contexte géothermique du Canada, et sont approuvés par les étudiantes de Guadeloupe, jusqu'à l'explication suivante :

MA2 : « On utilise surtout la géothermie comme pour la climatisation de bâtiments »

GA1 : « D'ac... »

Les réponses de GA1, face aux explications des étudiants de Montréal, pendant toute la séquence 5 sont « ah d'accord », « ah ouais d'accord » ou encore « d'accord », accompagnées à chaque fois d'un mouvement de tête (acquiescement). La dernière intervention relative à la climatisation n'a pas le même effet, aussi bien dans le verbal que dans le visuel. Pas de hochement de tête. Cela peut être interprété comme une incompréhension du côté de la locutrice de Guadeloupe, qui ne s' imagine pas qu'on puisse produire de la climatisation avec la géothermie, surtout au Canada. En revanche, le point n'est pas développé d'avantage.

Cette non-réaction ici constitue finalement un changement de réaction. GA1 passe de réactions d'acquiescement à une non-réaction. Cela peut être lié à une incompréhension générée par l'écart entre les contextes géothermiques du Québec et de la Guadeloupe. L'incompréhension subtile identifiée aurait pu générer l'émergence explicite d'un effet de contexte si celle-ci avait été un peu

plus approfondie. On peut parler d'effet de contexte non révélé, en référence à l'effet de contrat de Brousseau, qui « révèle le contrat » (Brousseau, 1984).

La séquence 6 est composée de l'explication de l'expérience des étudiants de Montréal, qui génère de l'intérêt chez les étudiantes de Guadeloupe.

Enfin les séquences 7 et 8 concernent essentiellement des échanges relatifs à l'organisation de la suite du travail et ne présentent pas d'intérêt pour l'identification des effets de contextes. Elles ne seront donc pas détaillées.

Le tableau 89 récapitule les effets de contextes détectés dans la vidéo de l'équipe A.

Tableau 89 : Effets de contextes identifiés dans la vidéo de l'équipe A

	Effet	Interaction	Affect Non verbal	Contextes invoqués
S4	« et on a pu visiter la centrale géothermie de Guadeloupe »(GA2) « Ahhhh ohhh » (MA2)	Guadeloupe : présentation de l'investigation Montréal : réaction d'intérêt	Intérêt, satisfaction ou excitation	industriel
S5	« On utilise surtout la géothermie comme, pour la climatisation de bâtiments » (MA2)	Québec : explication du contexte géothermique Guadeloupe : non réaction inhabituelle	hésitation	utilisation

À titre d'exemple, et cela ne sera illustré que pour cette vidéo, une partie du tableau réalisée pour le codage a été intégrée (tableau 90). Dans les colonnes 1 et 8, les locuteurs sont identifiés, dans les colonnes 2 et 7 (A/D), les marqueurs d'accords et de désaccords sont identifiés, dans les colonnes 3 et 6 (N/V) les marqueurs de personnes sont identifiés (moi, je, mon, chez nous...) et enfin dans les colonnes 4 et 5, le type de discours est précisé : discours explicatif (Ex), discours énonciatif (En), reformulation (R), répétition (Ré), proposition (P), argument positif ou négatif (A+, A-) et question à l'équipe homologue, ou à la même équipe (Q/Q-).

Tableau 90 : Traitement effectué sur les séquences 4 et 5 de la vidéo de l'équipe A

Guadeloupe	Codage								Montréal	séquence
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Du coup ce matin on a fait une sortie avec des terminales et on a pu visiter la centrale géothermie de Guadeloupe. Voilà.	GA2		N	Ex					Ahhhh Ohhhh	Présentation de l'activité mise en place par les étudiants de Guadeloupe
	GA2		N	Ex						
	GA1						MA2			
Du coup on a pu prendre des photos, on a pu prendre des notes, et on a un contact à la centrale géothermique, qui va nous envoyer aussi des documents par email	GA2		N	Ex						
	GA2			Ex						
Donc on va mettre tout ça voilà, tout ça sur Moodle, comme ça vous aurez accès à ces documents	GA2		N	Ex						
	GA1		N	Ex						
là et on pourra bosser dessus, Voilà	GA1			Ex						
	GA2									

sur le forum par exemple discuter etc. échanger voilà donc documents, photos visio	GA1 GA2			Ex Ex				MA1	Super Merci !		
mais du coup vous avez des centrales au Canada ou pas, concernant la géothermie? Y'a des ressources ?	GA1 GA1		V	Q							
Comment ?	GA1	Q						Ex	MA2 MA1 MA3	Non Non Ici on est plus en hydroélectricité par exemple	Explication du contexte énergétique par les étudiants de Montréal
En fait je sais pas si c'est notre connexion qui n'est pas bonne, mais ça coupe	GA1 GA1			Q	Ex Ex				MA3	je suis trop loin hein?	
Ahh ! D'accord !	GA1 GA1	A			Ex Ex	N			MA2 MA2	Euh... là, on dit que la plus grande, l'énergie que nous on a au Québec, c'est surtout de l'hydroélectricité, ce n'est pas vraiment un bon endroit pour la géothermie	
D'accord !	GA1	A			Ex				MA4 MA4	Mais ils sont en train de faire des recherches là-dessus, ils sont en train de travailler là-dessus.	
Ah ouais d'accord	GA1	A			Ex				MA2 MA2	Parce que au Québec faut aller extrêmement, à de très grandes profondeurs pour avoir assez de chaleur là pour euh faire de la géothermie, pour produire de l'électricité	
D'ac...	GA1	A			Ex Ex				MA2 MA5	On utilise surtout la géothermie comme, pour la climatisation de bâtiments Climatisation	

Analyse séquentielle de la vidéo de l'équipe B du 24 février 2016

L'échange des équipes B constitue un des premiers échanges de l'expérimentation. Il s'agit du début du projet et les deux équipes n'ont pas encore vraiment commencé leur investigation. Le détail de la vidéo est présenté dans le tableau 91 et le séquençage dans le tableau 92.

Tableau 91 : Descriptif de la vidéo de l'équipe B

Équipe B	Guadeloupe	Montréal
Durée : 13:45 minutes	3 étudiants dans l'équipe	5 étudiants dans l'équipe
Séance n°2	2 étudiants présents	4 étudiants présents
Date : 24/02/2016	2 locuteurs	3 locuteurs
Nombre de séquences : 11	GB1 et GB2	MB1, MB2, MB3

Tableau 92 : Séquençage de la vidéo de l'équipe B

N° de la séquence	Description de la séquence
B – S1 : 0:00 à 2:35	Mise au point sur un thème commun
B – S2 : 2:35 à 3 :02	Questionnement de Montréal sur le type de géothermie étudié en Guadeloupe
B – S3 : 3:02 à 3:40	Questionnement de Montréal sur les variables qui seront utilisées en Guadeloupe
B – S4 : 3:40 à 5:09	Précisions de Montréal sur la thématique investiguée
B – S5 : 5:09 à 5:46	Questionnement de Montréal sur la modélisation qui sera mise en place
B – S6 : 5:46 à 8:15	Précision sur l'investigation et comparaison Guadeloupe Montréal
B – S7 : 8:15 à 9:42	Questionnement de Montréal sur les coûts et précision de Guadeloupe sur les contraintes didactiques
B – S8 : 9:42 à 10:36	Questionnement de Montréal sur les concepts étudiés : conduction ou convection
B – S9 : 10:36 à 12:26	Questionnement de Montréal sur le type de circuit : horizontal ou vertical
B – S10 : 12:26 à 12:56	Questionnement de Montréal sur le terrain
B – S11 : 12:56 à 13:45	Formalités de fin

L'enregistrement vidéo de l'échange des équipes B a été scindé en 11 séquences. Tout l'échange s'organise autour de questions posées par l'équipe de Montréal. Lors de la première séquence, les échanges portent le choix du thème : exploiter la géothermie pour chauffer une maison.

Les étudiants du côté de la Guadeloupe s'étaient, dans un premier temps et avant de commencer les interactions, intéressés à l'aspect économique de la géothermie. Il leur a été demandé par la suite d'axer leur démarche d'investigation sur un aspect plus en lien avec les sciences naturelles et technologiques. Ils ont donc changé de direction et s'intéressent à l'exploitation de la géothermie pour le chauffage, mais à plus grande échelle que celle d'une maison :

GB1 : « Donc, en fait, sur cette base-là, on avait décidé de partir sur... comme vous vous étiez partis sur un chauffage pour une maison, on avait décidé de partir pour une utilisation industrielle en fait, tout ce qui était réseau de chaleur dans les entreprises ou des manufactures ou des productions, en fait. »

Lors de la séquence 2, des questionnements sur le type de géothermie des étudiantes de Montréal émergent :

MB2 : « Vous prévoyez la géothermie euh basse ? Profonde ? Moyenne ? Qu'est-ce que vous prévoyez ? »

GB1 : « Bah ce serait plutôt profonde sauf que comme moi je ne suis pas expert en tout ce qui est géologie. »

Les étudiants de Guadeloupe affirment, de manière incertaine, s'intéresser à la géothermie profonde afin de produire un réseau de chaleur, système qui utilise généralement de la géothermie de basse énergie, basse température. Les conceptions des étudiants de Guadeloupe ici semblent être alternatives à ce qui est généralement utilisé pour le chauffage.

La troisième séquence est constituée de questionnements des étudiantes de Montréal, vis-à-vis des variables, auxquels les étudiants de Guadeloupe ne savent pas vraiment quoi répondre.

MB2 : « Les variables que vous allez utiliser c'est quoi ? »

MB2 : « Les variables que vous allez paramétrer c'est quoi ? »

MB3 : « Est-ce que vous allez jouer sur les transferts de chaleur ? »

MB2 : « Est-ce que vous allez faire les 2 modes ? »

Ces questions paraissent logiques pour le groupe de Montréal qui est en train de réfléchir à la mise en place d'une maquette modélisant un chauffage individuel. Mais du point de vue du groupe de la Guadeloupe, dont le travail a surtout été concentré sur l'élaboration d'une thématique en lien avec celle de Montréal, et qui n'a pas pour consigne de réaliser une maquette, il est compliqué de répondre à ces questions très liées au contexte pédagogique des étudiantes de Montréal.

Durant la quatrième séquence, les étudiantes de Montréal questionnent à nouveau et demandent à leurs interlocuteurs de préciser leur travail :

GB2 : « Pour l'instant on essaye de, on nous a dit surtout de contextualiser pour essayer d'intégrer votre question, en fait voilà, d'intégrer votre question à notre thème, et euh du coup on va travailler sur une échelle plus grande, donc ça aurait été par exemple une zone industrielle, donc le but c'est euh englober la maison, et nous on le verrait à plus grande échelle en fait, donc une ville par exemple, une zone enfin... Donc après, comme vous a dit mon collègue on n'a pas plus poussé les recherches donc on est au stade un peu euh »

Les échanges de la cinquième séquence, d'une durée de 37 secondes, portent sur la modélisation :

MB2 : « C'est quoi votre modèle s'il te plait ? »

Comme pour la séquence 3, les étudiants, ici, hésitent et ne savent pas quoi répondre à la question.

GB2 : « On n'a pas vraiment d'idées. »

Lors de la sixième séquence, les étudiantes de Montréal demandent aux Guadeloupéens si leur travail consistera plutôt à s'intéresser au phénomène d'exploitation de la chaleur ou bien au processus de transformation de chaleur en électricité. Les élèves de Guadeloupe précisent alors qu'ils ne s'intéressent pas à la production d'électricité.

La séquence 7 porte essentiellement sur l'aspect économique qui, finalement, n'est pas abordé par l'équipe de Guadeloupe. Ceux-ci expliquent à leurs homologues les raisons qui les ont amenés à changer de thématique. Il semble que les approches des deux côtés sont très différentes car du côté de la Guadeloupe, au moment du choix des thématiques, les étudiants ont essayé de couvrir tous les domaines pouvant avoir un lien avec la géothermie. Effectivement, en Guadeloupe, l'impact environnemental et l'aspect économique sont des points qui ne sont pas directement liés aux sciences. En revanche à Montréal, les thématiques investiguées sont très ancrées dans les sciences et technologies, physiques et pas du tout sur les autres aspects. Les étudiants de Guadeloupe ont donc remanié leur sujet afin de correspondre un peu plus à celui de l'équipe de Montréal.

La séquence 8 comporte, encore une fois, des questions de Montréal sur des « variables », la séquence 9, sur le choix d'un système horizontal ou vertical qui sera modélisé, et la séquence 10 sur la surface du terrain modélisé par la Guadeloupe. Les questions n'étant pas en adéquation avec le travail demandé aux étudiants de Guadeloupe, ne trouvent pas vraiment de réponses.

Finalement, cet échange, est essentiellement constitué de questions des étudiantes de Montréal vis-à-vis de la modélisation des étudiants de Guadeloupe. Toutes ces questions ne trouvent pas de réponses concrètes car l'équipe de Guadeloupe ne travaille pas sur une modélisation, ce n'était pas leur consigne. Aucun effet de contextes n'a été détecté dans cet échange.

Analyse séquentielle de la vidéo de l'équipe C du 02 mars 2016

L'enregistrement de cette vidéo ne montre que les locuteurs de Montréal. Les caractéristiques de la vidéo sont présentées dans le tableau 93 et le séquençage dans le tableau 94.

Tableau 93 : Descriptif de la vidéo de l'équipe C

Équipe C	Guadeloupe	Montréal
Durée : 11:54 minutes	2 étudiants dans l'équipe	5 étudiants dans l'équipe
Séance n°3	2 étudiants présents	5 étudiants présents
Date : 02/03/2016	2 locuteurs	5 locuteurs
Nombre de séquences : 13	GC1 et GC2	MC1, MC2, MC3, MC4

Tableau 94 : Séquençage de la vidéo de l'équipe C

N° de la séquence	Description de la séquence
C – S1 : 0:00 à 0:28	Présentations mutuelles
C – S2 : 0:28 à 1:04	Entente sur problématique commune : comment refroidir un volume d'air à partir d'un volume d'eau froide, tout en préservant les écosystèmes ?
C – S3 : 1:04 à 2:32	Échange sur la vidéo transmise par l'équipe de Montréal, expliquant l'avancée de leurs travaux mais que les étudiantes de Guadeloupe n'ont pas reçue, et explication du travail de Montréal
C – S4 : 2:32 à 3:33	Précisions sur le contexte géothermique de Guadeloupe
C – S5 : 3:33 à 5:40	Explications sur l'expérience mise en place par les étudiants de Montréal
C – S6 : 5:40 à 5:50	Mise au point sur la question de départ
C – S7 : 5:50 à 6:47	Précision sur l'expérience des étudiants de Montréal
C – S8 : 6:47 à 7:54	Explication des problématiques pouvant être générées par un rejet d'eau chaude avec des exemples de Guadeloupe
C – S9 : 7:54 à 9:20	Questionnement de Guadeloupe sur la température des sous-sols au Québec
C – S10 : 9:20 à 9:36	Demande de précision de Montréal sur l'industrie minière
C – S11 : 9:36 à 9:57	Proposition de Guadeloupe de faire des recherches sur le sous-sol
C – S12 : 9:57 à 11:33	Explication de l'impact d'un rejet d'eau chaude en Guadeloupe
C – S13 : 11:33 à 11:54	Échanges de documents et formalités de fin de l'échange

L'échange enregistré des équipes C a été séparé en 13 séquences. La première séquence comporte une présentation mutuelle des locuteurs. La seconde permet une mise en accord, des deux côtés, de

la formulation d'une problématique commune : « comment refroidir un volume d'air à partir d'un volume d'eau froide tout en préservant les écosystèmes ? ».

Lors de la troisième séquence, l'équipe de Montréal apporte des précisions sur son travail :

MC2 : « Pour faire le lien avec vous là, votre analyse écologique si on veut là, nous on voulait prendre de l'eau froide dans le fond d'un lac, pi on va prendre c't'eau froide là pour refroidir un volume d'air. Du coup ce qu'on va retourner dans le lac c'est de l'eau réchauffée. On veut savoir si ça va avoir un impact au niveau de l'environnement. »

Lors de la séquence 4, l'équipe de Guadeloupe apporte des précisions sur leur contexte :

GC2 : « Par contre, nous, notre problématique c'est que nous, en Guadeloupe, on n'a pas de lac. »

MC1 : « Hun hun ! »

GC2 : « On voulait savoir comment adapter ça ? »

GC1 : « Alors nous on a juste des mares et des étangs donc c'est comme des lacs mais en ... »

GC2 : « Avec des volumes extrêmement réduits. »

GC1 : « Donc euh, ce n'est pas trop applicable, par contre, on a des rejets d'eau chaude dans la mer, par rapport aux distilleries pour fabriquer le rhum et par rapport aux sources thermales aussi, géothermie normale [...] on peut peut-être comparer à la limite votre modèle dans le lac au nôtre dans la mer par exemple. »

MC2 : « Y'a des rejets d'eau chaude dans la mer en ce moment ? »

GC2 : « Oui naturelle »

MC2 : « D'accord. »

GC2 : « On a des sources d'eau chaude directement accessibles »

GC1 : « Donc ya de l'eau chaude qui se déverse dans la mer mais du coup justement ça engendre une pollution thermique, donc pour les espèces qui sont présentes le milieu est réchauffé, on a aussi des coraux qui sont blanchis à cause de la température de l'eau qui altère en fait les coraux euh ... qu'est-ce qu'on a d'autre ? »

Interprétation de la séquence 4

Lors de cette séquence, plusieurs références au décalage entre les deux contextes sont faites par l'équipe de Guadeloupe, et les réactions des étudiants de Montréal, lors de la prise de conscience de ces décalages, ont pu être analysées. Les étudiants de Montréal s'intéressent à l'exploitation de l'eau froide d'un lac pour refroidir un volume d'air. Les lacs du Québec sont de très vastes étendues d'eau et sont également quelque chose de très bien connu. En revanche, il n'y a effectivement pas de lacs en Guadeloupe, ce qui intrigue MC1 (« Hun hun ») cette réaction verbale est accompagnée de plusieurs réactions non verbales. Cela semble intriguer les locuteurs de Montréal. MC2 s'éloigne brusquement et sourit, MC3 esquisse un petit sourire également, et MC1 pince des lèvres et lève la tête brusquement.

Puis l'équipe de Guadeloupe apporte une nouvelle information : il existe en Guadeloupe des endroits où de l'eau chaude est rejetée dans la mer « au niveau des distilleries pour fabriquer le rhum ». Cela provoque chez MC1 l'apparition d'un sourire suivi d'un regard en coin, puis il plisse les yeux et regarde vers le haut, signe de réflexion. Juste après, GC2 se rapproche brusquement et reformule

l'argument de l'étudiante de Guadeloupe GC1 en questionnant, « il y a des rejets d'eau chaude en ce moment ? ».

Lors de la séquence 5, les étudiantes de Guadeloupe tentent de reformuler le travail de l'équipe de Montréal :

GC1 : « Alors, par contre, vous c'était votre application, c'était pour en fait euh comment dire, réchauffer une habitation c'est ça ? »

GC2 : « C'est une utilisation temporaire l'été. »

MC1 : « Non pas du tout en fait c'est une euh ... béh euh »

MC2 : « Bah on va simuler qu'on veut climatiser un volume d'air en tout temps »

GC1 : « D'accord, mais après, l'objectif ça serait pour euh une maison ? »

MC3 : « En fait non c'est pour les serveurs, les serveurs informatiques, qui peuvent atteindre euh, une notion de température pour pas qu'ils soient endommagés béh faut qu'il y ait un système de climatisation, c'est ça que, sur lequel on travaille, donc on a une masse d'air que [MC1] dit c'est vraiment des serveurs informatiques. »

GC2 : « On n'a pas tout entendu. »

MC3 : « Ok donc le but c'est de refroidir oui une masse d'air mais c'est pour refroidir les serveurs informatiques donc euh des, comment qu'on pourrait expliquer ça. »

MC4 : « Une salle avec des serveurs. »

MC3 : « Une salle avec euh des serveurs informatiques qui servent à gérer des réseaux internet. »

MC2 : « Tout ce qu'il y a à comprendre c'est qu'on va être en continu, on va toujours avoir une prise d'eau froide puis un rejet d'eau chaude. »

GC1 : « Ah d'accord »

MC2 : « On va toujours être en continu. »

GC1 : « Vous êtes plus axés sur le fonctionnement en fait ? »

MC1 : « Exact. »

GC1 : « Ouais ok »

MC2 : « Nous on veut réaliser quelque chose, je ne sais pas si vous pouvez voir là ... euh ... un bidon là [montre le bidon] on veut simuler l'expérience en minuscule pour voir si ça fonctionne »

GC1 : « Ok »

MC5 : « Donc la problématique initiale qu'on avait... donc c'est Google, donc des serveurs, des immenses salles avec tout plein d'ordinateurs, ça crée beaucoup de chaleur, et nous on voulait utiliser euh quelque chose de naturel donc l'eau des lacs en profondeur est à 4°C, donc en l'utilisant on pourrait la refroidir et maintenir la température constante. »

La fin de la séquence 5 est constituée d'une interaction au sein même de l'équipe de Guadeloupe qui se questionne sur sa compréhension du travail des étudiants de Montréal :

GC1 : « [...] Non mais c'est quoi l'intérêt en fait ? »

GC2 : « [...] Non mais c'est pour réchauffer en hiver ... et euh comment dire, refroidir en été... Mais ce que je ne comprends pas Ils ont peut-être pas compris ma question ».

Interprétation de la séquence 5

L'équipe de Guadeloupe questionne sur l'utilisation qui sera faite de l'exploitation « pour réchauffer une habitation ». Il semble qu'elle n'arrive pas encore à concevoir le fait qu'il soit possible de

refroidir à partir de l'eau d'un lac, peut-être parce qu'il n'existe pas de lac froid en Guadeloupe ou bien parce que l'idée de refroidir quelque chose par la géothermie n'est pas concevable pour elle. Les étudiants de Montréal expliquent que cela sera pour refroidir la salle de serveurs informatiques. Les étudiantes de Guadeloupe ne comprennent pas le lien qui est fait par l'équipe de Montréal entre l'exploitation de l'eau froide du lac et le refroidissement de la salle de serveurs abordé dans la consigne initiale. Il y a ici une incompréhension entre les deux équipes sur l'application qui sera faite de la géothermie du côté de Montréal. Il est difficile d'interpréter ce que comprennent les étudiantes de Guadeloupe.

Lors de la séquence 6, une mise au point est formulée par un des étudiants de Montréal qui s'assure que la question commune est toujours bien acceptée par l'équipe de Guadeloupe.

Puis, pendant la séquence 7, les étudiantes de Guadeloupe formulent leur incompréhension :

GC1 : « En fait, c'est l'exploitation en soit qu'on n'avait pas compris, on pensait que vous alliez l'appliquer directement à une utilisation courante, c'est pour ça qu'on se posait des questions si c'était pour une habitation ou quelque chose d'autre. »

Cette intervention montre bien que l'équipe de Guadeloupe n'a toujours pas compris que l'utilisation de l'eau froide est prévue pour refroidir la salle de serveurs informatiques. MC5 réexplique donc :

MC5 : « En fait c'est pour des grosses salles de serveurs, donc il y a beaucoup de chaleur, et puis nous on veut les refroidir cette grosse salle là remplie d'ordinateurs, pour limiter la chaleur. »

GC2 : « Ok »

GC1 : « Et du coup avec l'ordinateur ça se passe comment ? »

Cette intervention semble montrer que le travail de Montréal n'a toujours pas été compris par la Guadeloupe, qui interprète mal les explications de Montréal. Elles pensent que l'ordinateur dont il est question sert à gérer le processus et n'ont toujours pas fait le lien avec la problématique initiale.

MC5 : « On veut utiliser l'eau froide des bas-fonds pour refroidir des salles de serveurs, puis on veut savoir s'il y a un impact pour les lacs et les rivières quand on rejette de l'eau qui est réchauffée finalement, pour la flore la faune, ainsi de suite. »

CG1 : « Alors l'ordinateur il sert à comment dire à garder le processus constant en fait c'est ça ? »

MC1 : « Oui. »

Ici, il semble que MC1 accepte la proposition de la Guadeloupe.

Lors de la séquence 8, les étudiantes de Guadeloupe apportent des précisions sur leur contexte :

GC1 : « Euh on ne savait pas trop où aller donc on a travaillé enfin on a cherché plusieurs aspects, donc comme on vous a dit l'aspect environnemental, avec la pollution thermique que ça peut engendrer, le fait de rejeter de l'eau en permanence dans un milieu qui est froid ça peut réchauffer finalement la source qui est froide, ça peut aussi euh... »

GC2 : « Les problématiques d'épuisement du milieu qui est froid. »

GC1 : « Voilà, l'épuisement des sources d'eaux froides finalement, euh... On se posait aussi la question de l'entretien des matériaux justement, parce que comme ils vont véhiculer en

permanence de l'eau chaude euh plutôt froide est ce que ça va pas causer des problèmes, des matériaux ? »

GC2 : « Froide et chaude en fait, enfin [rire] l'eau chaude ne sera pas si chaude, mais l'eau froide sera haha froide »

GC1 : « Ouais, est ce que ça va poser problème au niveau de l'entretien des matériaux ou même au niveau des constructions. Est-ce que ça peut pas euh gêner les constructions des maisons des choses comme ça ou même, nous on a une problématique de sismicité et donc est-ce que ça peut fragiliser les constructions parasismiques ? »

Puis pendant la séquence 9, des questions sur les températures émergent.

GC2 : « On connaît pas les valeurs de nos températures dans notre sous-sol aux Antilles, j'ai pas de données dessus. »

GC1 : « Est-ce que vous avez des valeurs de températures du sous-sol canadien en moyenne ? En hiver et en été ? »

MC2 : « Du sous-sol ? »

GC2 : « Ouais, parce que étant donné que nous on a beaucoup de sources thermales chaudes ici, je me demandais si on avait la possibilité d'appliquer ce modèle-là aux Antilles en tout cas. »

MC1 : « Faudrait nous préciser quelle profondeur vous souhaitiez avoir l'information. »

GC1 : « Bah la profondeur justement pour exploiter la géothermie euh j'sais pas, vous exploitez à quelle profondeur ? »

MC2 : « Ouais. Parce que nous on veut l'exploiter à l'envers, vous parlez de sources d'eau chaude, nous c'est l'inverse on veut prendre des sources d'eau froide. »

GC1 : « Ouais. »

GC2 : « Ouais justement. »

MC2 : « Donc euh ... com.. comptez qu'on a de l'eau à peu à 4°C toujours. »

GC2 : « 4° ? »

GC1 : « Ouais 4°C. »

MC2 : « Qu'on prélève. »

GC2 : « On va pas trouver de l'eau à 4°C chez nous ahahah ! »

GC1 : « Ahahah ! »

MC5 : « Ahahaha ! »

[...]

GC2 : « On a des sources à 40°C donc c'est pas la même chose. »

GC1 : « Ouais béh on va se renseigner en tout cas mais je pense que on peut appliquer. Après ce ne sera pas euh les mêmes températures. »

MC1 : « Bah si si à creuser hein, chez eux euh ... »

MC1 : « Ils sont sur une île volcanique. »

Lors de cette séquence, la réponse de l'équipe de Montréal concernant la température de l'eau génère une diffusion d'hilarité au sein des deux équipes. Effectivement, il peut paraître étonnant d'exploiter de l'eau à 4°C pour les étudiantes de Guadeloupe, qui sont plutôt confrontées à des températures de plus 40°C. Cette diffusion de l'hilarité générée par le grand écart de contextes (entre les températures des eaux au Québec et en Guadeloupe) peut être interprétée comme un effet de contextes.

Les interactions de la séquence 10 portent sur l'industrie minière. L'équipe de Montréal demande s'il y a beaucoup d'industries minières en Guadeloupe, car au Québec, les recherches en géothermie s'intéressent à l'eau des mines en profondeur qui serait naturellement plus chaude que l'eau en surface. Mais l'équipe de Guadeloupe répond qu'il n'y a pas de mines en Guadeloupe.

La séquence 11 concerne une mise au point sur la problématique commune des deux côtés.

La séquence 12 porte sur l'impact d'un rejet d'eau chaude. Les étudiantes de Guadeloupe font le lien avec les rejets d'eau chaude des distilleries de Guadeloupe.

MC2 : « Ce qui serait intéressant, ce serait de savoir à partir de quel différentiel il n'y aurait peut-être pas trop d'impact sur l'environnement, si on rejette de l'eau à 50°C, peut-être que ça a un gros impact, si on rejette de l'eau à 15°C c'est peut-être moins pire là. »

GC2 : « Ça dépend aussi de la température du milieu dans lequel on rejette, c'est sûr que si on rejette dans un lac canadien euh, l'eau à 25°C ça aura carrément un impact »

MC2 : « Béh c'est pour ça qu'on parle de différentiel, là du coup, peut-être que vous êtes capables de dire que, soit qu'il y a une adaptation de la faune, puis de la flore, justement parce que il y a une certaine flexibilité là, je ne sais pas là. Peut-être que parmi des exemples dans la mer là ça s'est déjà adapté à l'eau froide l'eau chaude. »

GC2 : « Parce que nous en fait on a une piste qu'on voudrait exploiter c'est que on a des industries pour la production du rhum aux Antilles qui apparemment rejettent déjà de l'eau chaude dans la mer. Donc on va essayer de se déplacer chez eux pour récupérer des données, et voir si on peut exploiter cette piste-là.

GC2 : « Et on sait déjà que ça a un impact négatif car les coraux qui protègent l'île, bin ça les blanchis, ça les détériore, du coup bin quand il y a des cyclones, bin l'île est moins protégée, les impacts sont euh, il y a plus de dégâts humains en fait. »

GC1 : « Il y a déjà des îlets à cause de ça »

MC5 : « Ça serait peut-être intéressant de voir si il y a certaines industries du rhum qui ont réussi à mitiger ça est-ce qu'ils prennent l'eau. »

GC1 : « Voilà, c'est ce qu'on cherche justement, parce que ils doivent chercher des alternatives On va se renseigner »

La dernière séquence (13) comporte uniquement les formalités de politesse de fin de conversation.

Dans cette vidéo, trois effets de contextes liés aux écarts entre les contextes de Guadeloupe et du Québec ont été identifiés (tableau 95).

Tableau 95 : Récapitulatif des effets de contextes identifié dans la vidéo de l'équipe C

Séq.	Effet	Interaction	Affect Non verbal	Contextes invoqués
S4	« par contre nous notre problématique c'est que nous en Guadeloupe on n'a pas de lac » (GC2) « Hun hun ! » (MC1)	Québec : explication du travail Guadeloupe : contrainte Québec : réaction d'intérêt	Intérêt Surprise	hydrologiques
S4	« on a des rejets d'eau chaude dans la mer, par rapport aux distilleries pour fabriquer le rhum » (GC1) « Y'a des rejets d'eau chaude [...] ? » (MC2)	Guadeloupe : explication du contexte Québec : compréhension de la différence et reformulation	Questionnement intérêt Changement de posture	industriels environnementaux
S9	« comptez qu'on a de l'eau à peu près à 4°C toujours » (MC2) « on va pas trouver de l'eau à 4°C chez nous ahahah » (GC2)	Guadeloupe : question sur la température de l'eau exploitée Québec : réponse Guadeloupe : compréhension de l'écart de température	Hilarité partagée Diffusion d'une émotion	hydrologiques

Analyse séquentielle de la vidéo de l'équipe D du 24 février 2016 :

Tout comme pour les analyses précédentes, le tableau 96 décrit les caractéristiques de la vidéo et le tableau 97 son séquençage. Cet échange est également un des premiers qui a été effectué pour l'expérimentation.

Tableau 96 : Descriptif de la première vidéo de l'équipe D

Équipe D	Guadeloupe	Montréal
Durée : 17:37 minutes Séance n°2 Date : 02/03/2016 Nombre de séquences 8	2 étudiants dans l'équipe 2 étudiants présents 2 locuteurs GD1 et GD2	5 étudiants dans l'équipe 4 étudiants présents 4 locuteurs: MD1, MD2, MD3, MD4

Tableau 97 : Séquençage de la première vidéo de l'équipe D

N° de la séquence	Description de la séquence
D-S1 : 4:56 à 6:00	Salutation et présentations mutuelles
D-S2 : 6:00 à 7:45	Thème commun, équipe D : le meilleur sol pour la géothermie
D-S3 : 7:45 à 8:33	Explication du projet de Montréal : utilisation d'un outil pour caractériser les sols
D-S4 : 8:33 à 10:22	Échanges sur le travail de Montréal
D-S5 : 10:22 à 10:30	Accord mutuel sur une direction de travail commune
D-S6 : 10:30 à 11:37	Précision sur le travail de Guadeloupe
D-S7 : 11:37 à 17:23	Mise au point sur la suite de la collaboration
D-S8 : 17:23 à 17:37	Formalité de fin

Analyse descriptive de l'échange

La vidéo de l'interaction des équipes D, d'une durée de 17 minutes et 37 secondes, a été séparée en 8 séquences. Jusqu'au temps 4:56 minutes, aucune analyse n'a été réalisée car la communication n'a pas encore commencé. Lors de la première séquence (S1) les deux équipes se saluent et se présentent mutuellement. Lors de la deuxième séquence, les étudiants se mettent d'accord sur leur thématique commune, qui dans un premier temps, est proposée par les étudiants de Guadeloupe :

GD1 : « Identification d'un sol possédant le plus d'énergie. »

Ce thème est approuvé par l'équipe de Montréal. Puis les étudiants de Guadeloupe proposent une problématique :

GD1 : « Donc euh, la problématique c'est : le milieu favorable pour une géothermie optimale ».

Cette proposition est également approuvée par l'équipe de Montréal.

Lors de la troisième séquence, l'équipe de Montréal explique sa démarche d'investigation :

MD1 : « Nous de toute manière ça sera sur... notre objectif, c'est de trouver un outil d'évaluation des sols de façon à rentabiliser [...] C'est pour qu'il y ait une forte production, c'est-à-dire, y-a des sols qui peuvent retenir plus de chaleur que d'autres [...] Certains qui peuvent diffuser plus facilement que d'autres donc notre objectif, c'est de trouver un outil ou bien, un instrument, une méthode d'évaluation. C'est-à-dire, donc, ça sera l'utilisation d'un calorimètre et avec les transferts d'énergie sur un liquide connu tel que l'eau ou bien n'importe quel autre... »

Au début de la séquence 4, GD1 questionne l'équipe de Montréal sur les informations théoriques relatives à la géothermie au Québec.

GD1 : « D'accord mais euh... par rapport aux cartes qui ont déjà répertorié des zones terrestres qui ont le plus d'énergie, parce que là on est sur de la recherche pour mesurer, pour faire ces mesures, mais est-ce que ça n'a pas été déjà répertorié classé ? »

MD2 répond à la question par la négative puis argumente en disant que l'expérience est menée sur des « sols » choisis eux-même. Puis MD1 continue :

MD1 : « Nous on va choisir un mélange qui existe au Québec [...] puis on va choisir deux, trois, quatre types de sols et puis travailler dessus, et voir lequel qui est plus efficace pour la géothermie [...] plus rentable. »

GD1 fait ensuite une proposition qui est acceptée par l'équipe de Montréal :

GD1 : « Il serait bien de regarder quelle exploitation est la mieux adaptée ? Euh... »

Lors de la séquence 5, l'équipe de Guadeloupe, après avoir écouté la démarche de Montréal, affirme que les deux équipes vont dans la même direction.

Le début de la séquence 6 est marqué par une question de MD2 :

MD2 : « Puis vous, est ce que vous avez choisi par exemple un sol précis, une zone, je ne sais pas est-ce que vous avez choisi, vous allez vraiment prendre votre sol pour l'étudier ou... ? »

Les étudiants de Guadeloupe répondent :

GD1 : « En Guadeloupe, on répertorie des différents sols on fait des, on fait des échantillons, [...] on regarde euh... par rapport à nos sols les valeurs qu'on obtient par rapport au vôtre, c'est ça ? »

Puis il continue en précisant être en train de chercher des idées pour les approfondir, et que l'objectif de l'échange actuel est de vérifier la direction commune prise par les deux équipes homologues.

Les interactions de la séquence 7 concernent essentiellement les modalités de communication futures entre les deux groupes, à savoir, plateforme Moodle et échange par mail. Enfin la séquence 8 contient des formalités de politesse de fin d'échange.

Analyse interprétative de l'échange

Avant de commencer à interpréter cette séance, il est nécessaire de rappeler les différences qui existent entre les géothermies de Guadeloupe et du Québec. En Guadeloupe, la géothermie profonde exploite à plusieurs centaines de mètres de profondeur de l'eau d'une nappe phréatique à plusieurs centaines de degrés. Lorsque les étudiants parlent du « sol », ils entendent étudier la géologie générale de l'île, la nature des sous-sols, et donc plutôt la géologie propice pour l'exploitation géothermique. En revanche, au Québec, la géothermie de basse température est exploitée à quelques mètres de profondeur et à de faibles températures (10-12 degrés). Il s'agit d'une exploitation très localisée, et les propriétés thermiques de sols de différentes compositions peuvent avoir une influence sur le potentiel géothermique localisé.

Séquence 3 : les explications de Montréal sur leur travail (« notre objectif c'est de trouver un outil ou bien un instrument, une méthode d'évaluation » MD1) ne semblent pas être comprises par les étudiants de Guadeloupe. Aucun changement facial /émotionnel n'est visible.

Séquence 4 : lors de la séquence 4, après avoir écouté la démarche expérimentale mise en place par les étudiants de Montréal, les étudiants de Guadeloupe se questionnent sur le travail théorique réalisé par les élèves de Montréal. Ils demandent si ceux-ci se sont renseignés sur les données géothermiques existantes au Canada ou au Québec, telles que les cartes de gradient géothermique. Les étudiants de Montréal répondent en fournissant plus de détails sur l'expérimentation qu'ils veulent mettre en place.

Il existe ici un décalage : les étudiants de Guadeloupe ont concentré leur travail sur la recherche d'informations théoriques concernant la géothermie de Guadeloupe, la géothermie profonde de haute température. Ils s'appuient donc sur des cartes géologiques et des données scientifiques théoriques pour trouver un endroit en Guadeloupe propice à l'exploitation de géothermie. Ils prennent conscience que leurs interlocuteurs sont plutôt concentrés sur l'aspect expérimental. Les étudiants de Montréal utilisent un calorimètre pour déterminer, parmi plusieurs échantillons de sols, lequel sera le plus « efficace pour la géothermie » (MD1).

Il s'agit ici d'un décalage dans les démarches pédagogiques mises en place de chaque côté. Ce décalage peut être relié au décalage qui existe entre les deux géothermies, et l'incompréhension constatée chez les élèves de Guadeloupe, qui ne voient pas l'intérêt d'aller mesurer les capacités thermiques d'échantillons, sans connaître leurs provenances au Québec.

Séquence 6 : dans cette séquence, MD2 fait le lien entre l'approche théorique des étudiants de Guadeloupe et l'approche plus expérimentale de son équipe. MD2 demande si les élèves de Guadeloupe vont choisir des sols en Guadeloupe pour les étudier. À ce moment, il semble que les élèves de Guadeloupe comprennent enfin l'expérimentation de Montréal. Ils réfléchissent donc à l'idée et proposent de faire le même travail qu'à Montréal, et de sélectionner des échantillons de sol. Ce qu'ils n'ont pas anticipé ici, c'est que le décalage dans les approches (théorie – expérience) est lié au décalage dans les contextes géothermiques des deux côtés. Il sera donc compliqué pour eux de réussir à déterminer un site d'exploitation efficace, en testant les propriétés thermiques d'échantillons de sol.

L'échange se termine néanmoins par un accord commun sur l'échange de résultats quant aux propriétés thermiques de différents échantillons de sols en Guadeloupe et à Montréal.

L'ensemble de l'échange est axé sur les démarches pédagogiques employées des deux côtés. Aucun effet de contexte n'est véritablement identifié mais une incompréhension subsiste des deux côtés dans les approches pédagogiques mises en place. Finalement, dans cette vidéo, l'effet de contexte n'émerge pas explicitement, mais une incompréhension globale non explicitée a été identifiée. On peut parler d'un début d'effet de contexte non révélé. Il s'agit ici de la genèse d'une incompréhension mutuelle.

Analyse séquentielle de la vidéo de l'équipe D du 09 mars 2016

Cette vidéo du 09 mars constitue le deuxième échange entre les étudiants de l'équipe D. Il s'agit de la seule équipe ayant eu l'occasion de faire deux communications. Les caractéristiques de la vidéo sont illustrées dans le tableau 98 et le séquençage dans le tableau 99.

Tableau 98 : Descriptif de la deuxième vidéo de l'équipe D

Équipe D	Guadeloupe	Montréal
Durée : 20:25 minutes	2 étudiants dans l'équipe	5 étudiants dans l'équipe
Séance n°4	2 étudiants présents	4 étudiants présents
Date : 09/03/2016	2 locuteurs	4 locuteurs : MD1, MD2, MD3, MD5
Nombre de séquences : 16	GD1 et GD2	

Tableau 99 : Séquençage de la deuxième vidéo de l'équipe D

N° de la séquence	Description de la séquence
D-S1 : 0:00 à 1:30	Salutations mutuelles
D-S2 : 1:30 à 6:43	Retour sur l'avancement du travail des étudiants de Montréal par les étudiants de Montréal : mesures de conductivité thermiques sur différents échantillons de sol
D-S3 : 6:43 à 7:15	Proposition de la Guadeloupe d'un document pour Montréal : une carte des flux de température au Canada.
D-S4 : 7:15 à 7:57	Explication du contexte de Montréal par l'équipe de Montréal : présence de neige
D-S5 : 7:57 à 8:57	Précisions sur le contexte géothermique de la Guadeloupe
D-S6 : 8:57 à 10:47	Précision sur les travaux de Montréal : calorimétrie sur différents sols
D-S7 : 10:47 à 12:04	Proposition de la Guadeloupe d'utiliser la carte, et retour de Montréal sur la contrainte neige
D-S8 : 12:04 à 12:57	Explication de Guadeloupe sur les profondeurs d'exploitation et retour de Montréal sur la contrainte de la neige
D-S9 : 12:57 à 13:40	Explication des investigations réalisées côté Guadeloupe
D-S10 : 13:40 à 14:49	Questionnement de Guadeloupe sur la présence de grands groupes industriels au Québec
D-S11 : 14:49 à 16:16	Explication de Montréal sur les contraintes pédagogiques
D-S12 : 16:16 à 16:58	Précisions sur les contraintes pédagogiques de Montréal
D-S13 : 16:58 à 17:38	Mise au point sur le rendu d'évaluation
D-S14 : 17:38 à 19:07	Discussion sur le contexte pédagogique et géothermique de la Guadeloupe
D-S15 : 19:07 à 19:58	Discussion sur la complémentarité des résultats pour la collaboration
D-S16 : 19:58 à 20:23	Accord sur l'échange des résultats futurs

Analyse descriptive et interprétative de l'échange par séquences

La seconde vidéo de l'interaction des équipes D, d'une durée de 20 minutes et 23 secondes a été séparée en 16 séquences. Pendant les 6:35 premières minutes de l'enregistrement vidéo, peu d'échanges sont audibles en raison d'une mauvaise connexion du côté de la Guadeloupe. L'échange commence véritablement au temps 6:35 avec une proposition de Montréal d'envoyer les premières données récoltées sur les échantillons à l'équipe de Guadeloupe sous la forme d'un tableur.

Séquence 3

À la séquence 3, l'équipe de Montréal demande aux étudiants de Guadeloupe s'ils ont des résultats à leur communiquer. Les étudiants de Guadeloupe répondent à la question puis font une proposition, ils veulent fournir à l'équipe de Montréal un document sur le contexte géothermique de Montréal :

GD1 : « Euh des résultats par rapport au ... d'ici la fin de la semaine on en aura, euh on vous a mis sur euh le forum une carte euh une carte du Canada avec les différents points, qui pourraient peut-être vous intéresser euh les différents points chauds, voilà, on a mis ça sur le forum je ne sais pas si vous y avez accès, dans thématique 4... »

Séquence 4

La séquence 4 est constituée de la réponse des étudiants de Montréal face à cette proposition par un argument négatif d'ordre climatique et contextuel au Canada :

MD1 : « Y'a d'la neige, est ce que vous êtes au courant qu'il y a 50 cm de neige ? »

Puis il se tourne vers son équipe :

MD1 : « Je pense qu'il dit qu'on a choisi quelques sites là pour qu'on puisse étudier le sol d'un certain site »

Et une autre étudiante répond :

MD5 : « La terre est gelée chez nous [...] y'a beaucoup d'neige, pi notre terre est gelée, on n'peut pas prendre directement le sol dans la ville de Montréal ou des Laurentides, parce que tout est gelé, on ne peut pas creuser la terre, on a pris de la terre qu'il y avait déjà, on a beaucoup de neige pi la terre est gelée. »

MD1 : « Si il va faire 25 degrés, on va essayer de faire une expérience la semaine prochaine, héhé ! »

Il y a ici une incompréhension entre les étudiants de Guadeloupe et ceux de Montréal, car GD1 propose la carte du flux de chaleur aux étudiants de Montréal pour leur fournir un outil, une référence sur la géothermie profonde de Québec. Montréal perçoit cela comme une proposition d'aller prélever des échantillons en fonction de cette carte. Cependant, pour quelqu'un qui connaît le concept de la géothermie profonde, il est évident qu'il n'est pas possible d'aller chercher des échantillons en fonction de la carte, car il faudrait alors effectuer un forage de 6 km. Donc, les étudiants n'ont pas encore compris le contexte géothermique profond du Québec.

Par ailleurs, lorsque MD1 propose de faire l'expérience si la température le permet, la semaine suivante, il est impossible que le climat change en une semaine, et il le sait très bien. Cette remarque est perçue comme du sarcasme ou de l'humour. Cette réaction est liée à une incompréhension de la proposition de l'équipe de Guadeloupe par l'équipe de Montréal. Cette incompréhension est liée au fait que la proposition n'est pas en adéquation avec leur travail (l'expérience) qui est lui-même en lien avec leur conception de la géothermie, elle-même très contextuelle. Ils perçoivent la géothermie comme l'exploitation de la chaleur dans un sol peu profond, dont des échantillons peuvent être prélevés facilement, sauf en présence de neige.

Séquence 5

Lors de la séquence 5, les étudiants de Guadeloupe répondent à l'argument avancé par ceux de Montréal en expliquant le contexte géothermique de chez eux :

GD1 : « Mais vos données, en fait, elles ne sont pas euh... Nous ce qu'on cherche en fait c'est sur la Guadeloupe au niveau d'la Guadeloupe, comme c'est de la... la géothermie qui est influencée par euh le volcanisme, donc on a pas vraiment à... à puiser profondément pour aller chercher euh... le site, sur le site, ... et ça serait, et notre recherche en fait se poursuit plus sur les derniers projets en cours, pour une meilleure exploitation de la réserve aquifère... euh au

niveau de la Basse-Terre, au niveau de la Basse-Terre, ça c'est au niveau de la zone proche du volcan. Vous m'avez compris ? »

MD1 : « Ah chez eux, ah parce que c'est une région volcanique [...] est ce vous pouvez nous envoyer un peu de sol qu'on le, euh qu'on l'analyse ici ? Haha ! ».

Dans cette séquence, les étudiants de Guadeloupe tentent d'expliquer leur contexte géothermique et le lien avec le volcanisme, phénomène géologique. Ils déclarent que leur travail d'investigation se poursuit sur « des derniers projets en cours » [...] « au niveau de la Basse-Terre » (GD1). C'est plutôt à l'échelle régionale qu'ils tentent d'identifier un terrain propice pour la géothermie. Il y a donc une explicitation, ici, par les étudiants de Guadeloupe, de la divergence des approches utilisées, pour une formulation commune d'un thème. L'intervention de MD1 « est ce que vous pouvez nous envoyer un peu de sol qu'on... l'analyse ici » est encore une fois perçue comme du sarcasme ou de la moquerie. Cette réaction montre encore une fois l'incompréhension et le décalage dans les deux approches.

Séquence 6

La séquence 6 débute avec un questionnement de GD1 :

GD1 : « Mais de votre côté c'est euh ça se présente comment par rapport aux différents sols. Qu'est ce qui caractérise... »

GD1 est donc conscient que les étudiants de Montréal s'intéressent aux caractéristiques d'échantillons de sols, et non à un contexte géologique général. Avant qu'il termine sa phrase, il est coupé par un étudiant de Montréal :

MD1 : « Alors il y a une variabilité évidemment très intéressante [...] Ouais... mais on a d'autres sols évidemment à [...] valider [...] parce qu'en fait pour les deux premiers sols, ça, ça a donné quand même une différence ... donc on va essayer de voir encore d'autres aujourd'hui. »

MD1 parle en regardant ce qui se passe à côté de lui, il est en position debout et est éloigné de l'écran. L'équipe de Guadeloupe, pose ensuite plusieurs questions plus précises afin de mieux comprendre l'expérimentation.

GD1 : « Vous regardez les différents sols et vous les comparez c'est ça ? »

MD1 : « Oui oui. »

GD1 : « Mais vous comparez euh, [prend sa tête dans ses mains] vous comparez le... le sol qui retient mieux la chaleur c'est ça ? »

MD1 : « Ouais c'est ça exact qui contient plus de chaleur qui libère plus de chaleur. »

GD1 : « Comment vous faites ça ? »

MD1 : « Avec la calorimétrie qu'on étudie ça,... donc on fait des simulations... Ouais on n'est pas aux profondeurs encore à 100 mètres pas encore, hahaha ! »

MD5 : « On prend un calorimètre, on a pris euh un sol rocheux, deux différentes roches, des sols sableux un sol terreux. »

GD2 : « Ahh ! »

L'intervention de MD1 expliquant l'expérimentation est très difficilement compréhensible, il est difficile de donner un sens à ce qu'il dit. Sa posture et le contenu de son discours laissent penser qu'il

n'est pas très impliqué dans l'échange. Cette réaction peut être interprétée comme du désintérêt, peut-être lié au décalage dans les approches et dans les contextes géothermiques. L'attitude de GD1 dans cette séquence, lorsqu'il se prend la tête dans les mains, laisse penser qu'il est quelque peu désespéré, il essaie de comprendre.

Enfin il semble qu'au cours de cette séquence, un déclic se fait chez GD2, après l'explication de MD5, qui prend conscience du contexte pédagogique lié au contexte géothermique de l'équipe de Montréal. Il s'agit, selon nous, d'un effet de contexte (« Ahh ! »).

Séquence 7

À la suite des précisions apportées par l'équipe de Montréal sur son expérience, GD1 demande :

GD1 : « mais euh par rapport au document qu'on vous a envoyé, vous prenez les sols [...] Parce que la carte qu'on vous a envoyée euh elle précisait les régions où c'était plus euh chaud, est ce que vous prenez compte en fait de la chaleur du euh ... de la chaleur déjà existante ? »

Il s'intéresse au lien entre l'expérience menée et les données empiriques, à savoir, la provenance des sols étudiés par les étudiants de Montréal.

Les étudiants de Montréal reviennent sur la contrainte liée à la présence de neige :

MD1 : « Non non. »

MD5 : « C'est ce qu'on vous explique, chez nous y'a en fait des -25 tout le sol est gelé, que ce soit en région euh plus au nord, que ce soit à Montréal, nous la terre est gelée on n'peut pas aller chercher le sol... on a pris de la terre. »

GD1 : « Oui mais c'est en surface qu'il est gelé, mais la carte géologique montre euh que en profondeur y'a des zones qui sont plus chaudes que d'autres. »

MD5 : « Oui mais on peut pas. »

MD1 : « On ne peut pas on n'a pas un tracteur ... »

MD5 : « On ne peut pas, on n'agit pas sur la profondeur, on agit sur le type euh... On peut pas, on prendre juste le type de sol pi on a pris d'la terre qu'il y avait déjà au laboratoire, on n'est pas capable de creuser et d'aller chercher de la terre y-a une grande couche de neige. »

Cette séquence montre encore une fois le décalage dans les deux approches. GD1 tente de savoir si les étudiants de Montréal ont fait le lien entre les échantillons sur lesquels ils font leur expérience et l'origine de ces échantillons, c'est-à-dire l'endroit au Québec où il est possible de retrouver le même type de sol. Les étudiants de Montréal ne voient pas l'utilité de se référer à une carte géologique car de toute façon, ils ne peuvent pas prélever d'échantillons eux-même en raison de la couche de neige recouvrant le sol. L'échange ici est complètement axé sur le décalage entre les approches pédagogiques totalement différentes. Les étudiants de Montréal sont dans l'expérimental uniquement et ne font pas le lien entre leur expérience sur des échantillons et l'application qui pourrait en découler, c'est-à-dire de déterminer les caractéristiques de sols réels au Québec. Ils ne comprennent donc pas le questionnement de l'équipe de Guadeloupe. C'est à ce niveau de l'échange que l'incompréhension est véritablement mise en évidence. Ici, l'effet de contexte est enfin explicité.

Séquence 8

GD1 : « Je comprends, mais ça, ça serait pour la géothermie de basse énergie du coup qui prendrait, euh qui resterait en surface ? »

MD3 : « Je ne sais pas ce que c'est. »

MD1 : « Oui oui, non mais évidemment je vous comprends entièrement, c'est-à-dire, on peut aller chercher du sol tout à fait en profondeur il est chaud évidemment, d'accord, mais le problème c'est qu'on n'a pas les moyens d'aller chercher, euh... »

MD4 : « De l'eau, du sol au-delà de 100 mètres »

MD1 : « À cette profondeur-là. »

MD5 : « Non parce que la terre est gelée, même avec... »

MD1 : « Non non. »

MD4 : « Même avec, tu ne peux pas y aller plus de 100 mètres. »

MD3 : « Un laboratoire peut-être, ils ont les moyens. »

MD1 : « 100 mètres c'est un forage, c'est un budget, il faut beaucoup de moyens. »

MD4 : « Donc on a pris de la terre qui existe dans le laboratoire et pi on a effectué des expériences sur ça. ».

Lors de cette séquence, les étudiants de Guadeloupe abordent le décalage dans les contextes géothermiques. La proposition faite : « d'accord mais ça serait pour la géothermie de basse énergie du coup » entraîne implicitement une réflexion du côté de Montréal sur la possibilité ou non d'aller prélever du sol en profondeur. Il semble que les étudiants de Montréal n'avaient pas du tout anticipé cette option. Cela entraîne du côté de la Montréal une accélération des échanges et du débit au sein de l'équipe même, les interventions sont plus courtes, plus rapides et se superposent. Peut-être que cette intervention de GD1 sur le type de géothermie, aurait pu amener les étudiants de Montréal à consulter la fameuse carte proposée initialement.

Séquence 9

Lors de la neuvième séquence, les étudiants de Guadeloupe expliquent la démarche de leur investigation :

GD1 : « En fait vous, vous êtes vraiment concrets. Parce que nous en fait on est pratiquement dans la recherche, on regarde des projets de grandes centrales, de grands groupes qui s'occupent justement de faire les forages et tout nous on est, on est... plus dans la partie théorique c'est ça le truc. »

MD1 : « Non non ce n'est pas la même... »

MD3 : « Non. »

GD1 : « par rapport à vous, qui restez dans le concret. »

MD1 : « Nan nous... »

GD1 : « Nous nous on n'est pas sur de la comparaison de euh d'échantillons de sol, on est sur euh de la recherche, la recherche sur les différents projets des de la centrale par exemple qui veut euh être plus performante et donc qui pousse un peu plus loin... »

MD1 : « C'est-à-dire vous faites sur des projets de recherche à long terme. »

GD1 : « Oui voilà à long terme. »

MD1 : « À long terme, mais ce n'est pas notre cas. »

MD2 : « Non nous on a très peu de séances. »

Ici, l'écart dans l'approche pédagogique est explicité par GD1. Du côté de Montréal, les réponses négatives s'enchaînent face à ces explications. L'équipe de Montréal semble perturbée, dérangée.

Séquence 10 :

Lors de la séquence 10, la démarche de recherche de données empiriques est mal comprise par les étudiants de Montréal qui interprètent le travail des étudiants de Guadeloupe comme un projet à long terme avec le soutien d'organismes. Les étudiants de Guadeloupe ont très peu de séances, beaucoup moins que les étudiants de Montréal et n'ont donc pas le temps de mettre en place des expériences : ils se concentrent donc uniquement sur du recueil de données théoriques. Les consignes de la démarche d'investigation n'étaient donc pas tout à fait les mêmes des deux côtés.

GD1 : « Donc, ce qu'on va vous envoyer ça sera, ça sera pas des euh ça sera pas comme vous des simulations, des expériences, ça sera euh une récolte de données de projets en cours pour plusieurs exploitations. »

MD4 : « Ahhhh ! »

MD5 : « C'est pas la même chose, c'est différent de nous. »

MD4 : « On ne sait pas euh... »

MD3 : « Non on n'a pas ça. »

MD1 : « On n'est pas, on n'est pas en contact avec ces organismes-là. »

MD4 : « Non pas du tout. »

GD1 : « Mais euh des organismes, mais euh des organismes, nous c'est EDF par exemple, EDF qui cherche à développer euh de l'énergie verte quoi, mais vous vous n'avez aucun groupe qui recherche vraiment, qui s'intéresse à la géothermie en profondeur, au Canada ? »

Lors de cette séquence, les étudiants de Montréal comprennent le décalage qui existe entre leur approche pour répondre au problème, qui est complètement expérimentale, et celle de l'équipe de Guadeloupe, qui n'est pas expérimentale. Cette prise de conscience génère une nouvelle incompréhension identifiée dans la séquence 11.

Séquence 11

MD1 : « Mais, il faut se mettre en contact mais nous on a un cours à terminer à ce moment-là ça serait un projet de 2-3 ans, et nous on a 3-4 semaines. »

MD4 : « C'est un projet final, je pense c'est leur projet final, c'est juste c'est pas comme nous »

MD5 : « C'est pas du tout pareil. »

MD1 : « C'est pas du tout pareil, donc on va, on va soulever le problème, on va exposer le problème à notre enseignant là... »

MD5 : « Ouais, c'est très différent là votre situation pi la nôtre. »

Le décalage entre les approches pédagogiques est perçu comme un véritable problème pour l'équipe de Montréal. La solution proposée par ces derniers est d'informer leur enseignant concernant ce décalage d'approches.

GD1 : « En même temps, en même temps, comme on a à présenter euh chacun, c'est-à-dire le Canada et la Guadeloupe euh la géothermie de notre région, y-a pas de problème dans le fait que ça soit euh différent, au contraire, [...] donc euh votre projet diffère du notre mais on en reste à la même partie c'est-à-dire que euh regarder, vous ça serait quel sol est plus... »

MD1 : « Performant, ouais ouais. »

GD1 : « Ça serait quelle région en profondeur... »

MD1 : « Pas en profondeur... »

GD1 : « Est plus euh énergétique... »

MD1 : « Ça peut par exemple, ça peut vous aider par exemple pour vos travaux, si on vous dit tel type de gravier ou bien tel type de sol libère tant de chaleur c'est aussi juste à titre informatif ça comme ça on dit... »

MD3 : « Qualitatif... »

GD1 : « Ouais hm... »

L'équipe de Guadeloupe tente finalement de rétablir une entente et essaye de trouver des pistes communes intégrant le travail aux deux échelles.

Séquence 12

Lors de la séquence 12, l'équipe de Montréal apporte de nouveau des informations sur l'expérience menée et il semble que les étudiants n'ont pas vraiment compris ce que propose l'équipe de Guadeloupe. Ils affirment ne pas pouvoir faire le travail et parlent de la fiabilité de leur test :

MD1 : « donc c'est euh, oui le test en lui-même il est plus ou moins fiable, parce que pour le faire quand même il faut que ça soit reproductible sur plusieurs tests. »

MD4 : « Y'a de erreurs aussi. »

MD1 : « Ouais ouais, mais euh... »

MD4 : « Ça reste quand même euh... »

MD1 : « Ça peut pas être euh, ça ne peut pas faire l'objet d'un projet de recherche. »

MD4 : « Mais ça donne une idée quand même, une piste. »

MD1 : « Ouais ouais, parce que nous on n'a pas, on a 15 séances, pense que tu as deux trois projets en 15 séances, tu ne peux pas te concentrer sur... »

Il est intéressant d'observer ici l'approche de l'équipe de Montréal qui met en place une expérience mais qui ne fait pas le lien entre cette approche et l'approche scientifique de recherche. Ils pensent que l'équipe de Guadeloupe est en contact avec des organismes d'exploitation ou de recherche qui peuvent leur apporter de l'aide sur un projet de géothermie à long terme, alors qu'eux n'ont pas ces contacts et pensent disposer de moins de temps. Il semble important de rappeler ici que chacun des deux groupes (Montréal et Guadeloupe) disposait d'une liste d'experts locaux de différentes thématiques (géothermie, géologie, hydrologie) à contacter. Ils avaient, des deux côtés, la possibilité de contacter ces experts pour poser des questions et obtenir des informations concrètes mais aucun des deux groupes ne s'en est servi. Lors de cette séquence, il y a donc une prise de conscience de l'équipe de Montréal sur le décalage dans les approches pédagogiques mais également un malentendu sur l'approche utilisée par l'équipe de Guadeloupe.

Séquence 13

La séquence 13 contient uniquement des échanges sur l'évaluation du projet.

Séquence 14

Lors de la séquence 14, les étudiants de Montréal posent plusieurs questions sur l'organisme fictif en relation avec le groupe de Guadeloupe :

MD1 : « Non parce que c'est-à-dire eux, vous, vous êtes déjà soutenus par un organisme qui vous ramène tout le matériel, qui vous ramène les eaux usées tout ça, c'est ça ? [...] parce que eux ils sont soutenus par un organisme, et nous non... »

MD4 : « C'est un projet ... oui voilà. »

MD3 : « C'est des récoltes de laboratoire [pause] parce que eux [pause] c'est [pause] pas pareil. »

MD1 : « Est-ce qu'on peut s'échanger aujourd'hui en fin de journée nos résultats, vos résultats par exemple, si on peut voir qu'il y a quelque chose qui est similaire. Est-ce que vous avez des résultats déjà ? »

GD1 : « Mais ce sont des recueils de données, des recueils de données de recherches, il n'y a pas de... »

MD1 : « Ah il n'y a pas de manipulations, vous n'avez rien fait, aucune manipulation ? Vous traitez les résultats des autres c'est ça ? Ah à ce moment-là... on pourrait aller chercher le géologue, ou bien le résultat ... »

GD1 : « C'est ça, parce que en fait nous, c'est de la géothermie profonde.... Donc c'est en profondeur... on n'a pas d'échantillon de sol. »

MD1 : « Nous on a fait nous-mêmes la manipulation... »

MD1 : « Ils n'ont pas fait de manipulations. »

MD1 : « Alors on va essayer de voir sur le site que vous nous avez envoyé si il a des choses qui ont été faites au Québec dessus ou bien au Canada, on peut faire une recherche dessus. »

À ce moment, l'équipe de Montréal semble comprendre l'approche de l'équipe de Guadeloupe, et accepte de regarder le document qui leur a été envoyé.

Enfin la séquence 15 marque la compréhension mutuelle des deux équipes en termes d'approche pédagogique. Les deux équipes se questionnent mutuellement sur la complémentarité des travaux. Et la séquence 16 comporte les formalités de partage de données et constitue la fin de l'échange.

Le décalage entre les démarches d'investigation adoptées dans les deux contextes explicités dans l'analyse de la première vidéo de l'équipe D, génère un genre de malentendu, qui va perdurer jusqu'à la séquence 10 de la deuxième vidéo. Ce malentendu génère une incompréhension dont les marqueurs sont des réactions variées des locuteurs de chaque côté. Lors de la séquence 10 et jusqu'à la fin de l'échange, une phase de réparation de mise au point sur la compréhension mutuelle se fait (Baker, Hansen, Joiner et Traum, 1999).

Le décalage entre les deux contextes géothermiques a entraîné une approche pédagogique très différente des deux côtés : mise en place d'une expérience d'un côté et une recherche de données théoriques de l'autre. La compréhension mutuelle de ce décalage prend beaucoup de temps. On

constate par cette vidéo que les étudiants de Montréal n'ont peut-être pas eu les mêmes consignes que ceux de Guadeloupe. Le tableau 100 reprend la liste des effets de contextes relevés dans la vidéo de l'interaction.

Tableau 100 : Récapitulatif des effets de contextes identifiés dans la seconde vidéo de l'équipe D

Séq.	Effet	Interaction	Affect non verbal	Contextes invoqués
S4	« La terre est gelée ! » (MD5)	Guadeloupe : proposition de la carte Québec : réfutation Argument contre, d'ordre climatique	Contrariété	Climatique Géothermique Epistémologique
S4	« Si il va faire 25°C on va essayer de faire une expérience la semaine prochaine ! » (MD1)	Guadeloupe : proposition de la carte Québec : fausse proposition condition impossible	Sarcasme	Climatique
S5	« oui, est ce vous pouvez nous envoyer un peu de sol qu'on le, euh qu'on l'analyse ici haha » (MD1)	Guadeloupe : explication du contexte géologique Québec : fausse proposition	Sarcasme	Géologique Organisationnel
S6	« mais de votre côté ... » (GD1) « on a pris euh un sol rocheux, deux différentes roches, des sols sableux un sol terreux » (MD5) « Ahhh ! » (GD2)	Guadeloupe : question Québec : explications expérience Guadeloupe : compréhension des différences d'objet étudié par Guadeloupe, effet « eurêka »	[prend sa tête dans ses mains] (GD1) Contrariété, doute [parle en regardant autre chose] (MD1) désintérêt satisfaction	Contexte d'enquête Géologique
S7	« est-ce que vous prenez en compte ... la chaleur déjà existante ? » (GD1) « Chez nous y'a en fait des -25, tout le sol est gelé. » (MD5)	Guadeloupe : question Québec : négation légitimée par le climat	contrariété	Climatique Géologique
S7	« oui mais c'est en surface... en profondeur ya des zones qui sont plus chaudes que d'autres » (GD1) « on n'est pas capable de creuser et d'aller chercher de la terre y'a une grande couche de neige » (MD5)	Guadeloupe : question plus précise Québec : négation légitimée par le climat et les moyens disponibles	contrariété et doutes	Climatique Géologique
S8	« ça c'est pour la géothermie de basse énergie » (GD1) ... « Donc on a pris de la terre qui existe dans le laboratoire » (MD5)	Guadeloupe : argument scientifique Québec : échanges argumentés entre les membres de l'équipe de Montréal, réfutation, retour à l'argument des moyens	Accélération de l'interaction (échange et débit) Excitation (réflexion) doutes	Épistémologique (pédagogique) Géothermique

S10	« Je voulais savoir... si vous vous n'avez pas des projets de groupes qui cherchent justement à exploiter de la géothermie en profondeur » (GD1)	Guadeloupe : question sur les organismes susceptibles d'exploiter la géothermie profonde au Québec Québec : négation + argument contre de moyens	curiosité	Epistémologique (opposition concret théorique, signification de la recherche et approches différentes)
S11	« c'est pas du tout pareil »	Guadeloupe : explications Québec : thèse sur l'écart d'approche pédagogique et proposition argument hiérarchique	Déception	Pédagogique / Didactique : Attentes de l'enseignant

Analyse séquentielle de la vidéo de l'équipe E du 9 mars 2016

Les caractéristiques de la vidéo sont illustrées dans le tableau 101 et son séquençage dans le tableau 102. L'enregistrement vidéo de l'échange de l'équipe E, d'une durée de 9 minutes et 52 secondes a été séquentié en 12 parties. Malheureusement, le début de l'échange n'a pas été enregistré et la vidéo récoltée ne comprend pas la première minute de l'échange.

Tableau 101 : Descriptif de la vidéo de l'équipe E

Équipe E	Guadeloupe	Montréal
Durée : 09:52 minutes	3 étudiants dans l'équipe	4 étudiants dans l'équipe
Séance n°4	3 étudiants présents	4 étudiants présents
Date : 09/03/2016	1 locuteur	4 locuteurs
Nombre de séquences : 12	GE1	ME1, ME2, ME3, ME4

Tableau 102 : Séquençage de la vidéo de l'équipe E

N° de la séquence	Description de la séquence
E-S1 : 0:00 à 0:36	Explication du travail que réalise Montréal
E-S2 : 0:36 à 0:55	Explication du travail que réalise Guadeloupe
E-S3 : 0:55 à 1:18	Mise en évidence par Montréal du paradoxe théorique - pratique
E-S4 : 1:18 à 1:44	Explication de l'expérience menée par Montréal
E-S5 : 1:44 à 2:02	Blanc
E-S6 : 2:02 à 2:30	Questionnement de Montréal sur l'expérience menée en Guadeloupe
E-S7 : 2:30 à 6:23	Intervention du chercheur sur les différentes approches entre Guadeloupe et Montréal et questionnement sur travail de Montréal
E-S8 : 6:23 à 6:59	Intervention de l'enseignant de Montréal
E-S9 : 6:59 à 7:52	Explication du travail que fait Montréal
E-S10 : 7:52 à 8:40	Explication sur hydrothermalisme en Guadeloupe
E-S11 : 8:40 à 9:06	Discussion sur l'impact de la composition de l'eau
E-S12 : 9:06 à 9:30	Formalités de fin
E-S12 : 9:30 à 9:52	Montréal seul (avant que la vidéo ne soit coupée)

La première séquence comporte une description d'une expérience menée par l'équipe de Montréal, ainsi que les premiers résultats recueillis :

ME1 : « On a fait une expérience avec l'eau cuivrée, on a comparé à l'eau du robinet la capacité thermique massique. »

GE1 : « D'accord et vos expériences vous montrent quoi ? »

ME1 : « Notre expérience nous montre que la capacité thermique de l'eau cuivrée est plus basse que celle de l'eau du robinet, donc on voit une différence, on voit que l'eau du robinet est plus caloripporteur. »

Lors de la deuxième séquence, l'équipe de Guadeloupe explique son travail :

GE1 : « D'accord, nous on essaye de continuer nos recherches en fait, on concentre nos recherches sur la silice et puis euh on mettra en commun ce qu'on aura trouvé. »

La séquence 3 porte sur le décalage observé par une étudiante de Montréal entre les deux approches utilisées de chaque côté :

ME2 : « Mais vous vous êtes plus en train de faire une recherche théorique, vous êtes en train de mettre euh en évidence ce que vous avez euh trouvé dans les recherches ou ... ? »

GE1 : « Pour le moment c'est plus théorique. »

ME2 : « Ah ok parce que nous... c'est vraiment le paradoxe, nous c'est beaucoup plus pratique ce qu'on est en train de faire ... Mais euh les idées ça suit. »

Il y a un constat explicite ici de l'écart dans les approches pédagogiques par l'étudiante de Montréal.

Lors de la quatrième séquence, l'équipe de Montréal réexplique plus en détail son expérience :

GE1 : « Les données calorifiques vous les avez mesurées grâce à quoi ? »

ME2 : « Avec le calorimètre. »

GE1 : « D'accord. »

ME2 : « Donc on a on a essayé de trouver deux capacités, bon la capacité thermique de l'eau on la connaît déjà mais on voulait plus euh la confirmer, plus on a essayé de trouver la capacité thermique massique de l'eau souillée avec le cuivre. »

GE1 : « D'accord. »

La séquence 5 est marquée par une phase d'hésitation où personne ne prend la parole, il semble que les deux équipes ne savent pas quoi dire.

Puis, lors de la sixième séquence, l'équipe de Montréal demande si les étudiantes de Guadeloupe ont pour ambition de mener également une expérience. Malheureusement, le nombre de séances, le temps imparti ainsi que les moyens disponibles ne permettent pas de réaliser une expérience.

Lors de la septième séquence, un chercheur intervient dans l'échange pour expliquer aux deux équipes les divergences d'approches pédagogiques ainsi que l'impossibilité du côté de la Guadeloupe de réaliser des expériences.

Puis l'échange reprend à la séquence 9 avec une question d'une étudiante de Guadeloupe :

GE1 : « Et est-ce que vous avez essayé avec de l'eau riche en charbon par exemple »

ME2 : « On n'a pas pensé de regarder pour ça sérieusement, nous on a fait que les tests avec le cuivre mais on n'a pas fait de test avec d'autres contaminants. »

GE1 : « Ok. »

Le reste de la séquence est constitué d'un échange au sein même de l'équipe de Montréal :

ME2 : « On devait le chercher dans la théorie par exemple ... dans la recherche. »

ME3 : « Bon béh on peut pas vérifier. »

ME2 : « À partir du moment qu'on a euh un contaminant qui prend beaucoup de chaleur, qui absorbe beaucoup de chaleur c'est facile de savoir. »

GE1 : « Comment ? On a pas compris. »

ME2 : « Ok ! Euh excusez-moi je consultais mon équipe en même temps, on a dit que on pourrait, là on a fait le test avec le cuivre, mais on pourrait chercher dans les théories pour avoir d'autres contaminants pi voir leur effets, on pourrait vérifier en théorie en même temps pour voir pour faire des parallèles faire une étude plus complète. »

GE1 : « D'accord »

Ce qui est intéressant de noter ici, c'est l'apport du travail de l'équipe de Guadeloupe au travail de l'équipe de Montréal. Les étudiantes de Montréal, se sont concertées et ont pris la décision d'aller chercher des informations théoriques pour compléter leur travail sur l'expérience, et obtenir une étude plus riche et plus complète. On peut parler d'un effet d'échange entre pairs lié aux écarts d'approche pédagogique. L'interaction sur les approches pédagogiques, et la prise de conscience du décalage, a permis à l'équipe de Montréal de se questionner sur l'utilité d'un apport plus théorique à leur travail expérimental.

La séquence 10 comporte une description plus détaillée du travail de l'équipe de Guadeloupe :

GE1 : « Nous en fait de notre côté, on s'intéresse aux différents sites en Guadeloupe, à la composition des eaux sur les différents sites et quel serait le site le plus exploitable en termes de géothermie pour euh en fonction de sa composition. »

ME2 : « D'accord, en Guadeloupe qu'est-ce que vous avez trouvé vous autres ? »

GE1 : « On a vu qu'il y avait plusieurs sites, il y avait quatre sites en particulier, euh celui de la soufrière avec le volcan, un site à Bouillante, un site à Sofaïa, et un site au Lamentin. Tout ça se sont des communes de Guadeloupe et en fait dans ces communes on a des manifestations de géothermie, à savoir des sources chaudes. »

Puis, lors de la séquence 11, une étudiante de Montréal questionne :

ME2 : « Ok donc vous ce serait pour fabriquer l'électricité ? »

GE1 : « Voilà oui [...] En fait on s'intéresse à la composition des eaux des différents sites pour savoir quel site serait plus intéressant en termes de géothermie. Etant donné qu'on a vu que la composition de l'eau influence euh... »

ME2 : « La quantité d'énergie qui est récupérable. »

GE1 : « Voilà. »

Il est intéressant de constater ici le lien qui est fait par l'étudiante de Montréal : la source chaude est assimilée à la production d'électricité. La conception de cette étudiante est assez étonnante. Celle-ci

fait le lien direct entre une source chaude et une production d'électricité, alors que le sujet de la conversation tournait autour de la composition des eaux. Par ailleurs, cette étudiante fait également un autre lien assez étonnant : la composition de l'eau influence la quantité d'énergie qui est récupérable, on ne sait pas si elle l'entend par énergie, chaleur ou électricité.

La séquence 13 comporte uniquement les politesses de fin d'échange, et le récapitulatif des effets de contextes identifiés est présenté dans le tableau 103.

Tableau 103 : Récapitulatif des effets de contextes identifié dans la vidéo de l'équipe E

Séq.	Effet	Interaction	Affect non verbal	Contextes invoqués
S9	« mais on pourrait chercher dans les... on pourrait vérifier en théorie ... pour faire des parallèles faire une étude plus complète. » (ME2)	Guadeloupe : question sur l'expérimentation Québec : réponse négative, puis proposition de recherche plus théorique pour répondre à la question	Interaction annexe intra-équipe (Montréal), accélération de l'interaction et du débit au sein de l'équipe ME	Épistémologique et pédagogique

3.5.3. Synthèse de l'analyse des vidéos

Le tableau ci-dessous (tableau 104) répertorie les différents effets de contextes identifiés dans chacune des vidéos récoltées. Pour chaque effet de contextes, le verbatim ayant déclenché l'effet a été reporté, ainsi que les contextes en décalages ayant permis l'émergence de l'effet et également la réaction générée par l'effet.

Tableau 104 : Récapitulatif et description des effets de contextes identifiés dans l'ensemble des vidéos

	Description verbale	Description du contexte et du contenu	Para verbal et non verbal (affect/gestuelle)	Contextes en jeu
A S4	« Et on a pu visiter la centrale géothermie de Guadeloupe » (GA2) « Ahhhh ohhh » (MA2)	Guadeloupe : présentation de l'investigation Montréal : réaction d'intérêt	Intérêt, satisfaction ou excitation	industriels
AS 5	« On utilise surtout la géothermie comme, pour la climatisation de bâtiments » (MA2)	Québec : explication du contexte géothermique Guadeloupe : non réaction inhabituelle	Hésitation	utilitaires
C S4	« Par contre nous notre problématique c'est que nous en Guadeloupe on n'a pas de lac » (GC2) «Hun hun» (MC1)	Québec : explication du travail Guadeloupe : contrainte Québec : réaction d'intérêt	Intérêt Surprise	hydrologiques
C S4	« On a des rejets d'eau chaude dans la mer, par rapport aux distilleries pour fabriquer le rhum » (GC1) « Y'a des rejets d'eau chaude [...] ? » (MC2)	Guadeloupe : explication du contexte Québec : compréhension de la différence et reformulation	Questionnement intérêt Changement de posture	industriels, environnementaux
C S9	« Comptez qu'on a de l'eau a peu près à 4°C toujours » (MC2) « On va pas trouver de l'eau à 4°C chez nous ahahah ! » (GC2)	Guadeloupe : question sur la température de l'eau exploitée Québec : réponse Guadeloupe : compréhension de l'écart de température	Hilarité partagée Diffusion d'une émotion	hydrologiques
D S4	« La terre est gelée ! » (MD5)	Guadeloupe : proposition de la carte Québec : réfutation Argument contre, d'ordre climatique	Contrariété	climatiques, géothermiques, épistémologiques
D S4	« Si il va faire 25°C on va essayer de faire une expérience la semaine prochaine ! » (MD1)	Guadeloupe : proposition de la carte Québec : fausse proposition condition impossible	Sarcasme	climatiques
D S5	« Oui, est ce vous pouvez nous envoyer un peu de sol qu'on le, euh qu'on l'analyse ici haha ! » (MD1)	Guadeloupe : explication du contexte géologique Québec : fausse proposition	Sarcasme	géologiques, organisationnels
D S6	« mais de votre côté ... » (GD1) « On a pris euh un sol rocheux, deux différentes roches, des sols sableux un sol terreux » (MD5) « Ahhh » (GD2)	Guadeloupe : question Québec : Explications expérience Guadeloupe : compréhension des différences d'objet étudié par Guadeloupe, effet « eurêka »	[prend sa tête dans ses mains] (GD1) Contrariété, doute [parle en regardant autre chose] (MD1) désintérêt satisfaction	contextes d'enquête, géologiques

	Description verbale	Description du contexte et du contenu	Para verbal et non verbal (affect/gestuelle)	Contextes en jeu
D S7	« Est ce que vous prenez en compte ... la chaleur déjà existante ? » (GD1) « Chez nous y-a en fait des -25, tout le sol est gelé » (MD5)	Guadeloupe : question Québec : négation légitimée par le climat	Contrariété	climatiques, géologiques
D S7'	« Oui mais c'est en surface... en profondeur y'a des zones qui sont plus chaudes que d'autres » (GD1) « On n'est pas capable de creuser et d'aller chercher de la terre y'a une grande couche de neige » (MD5)	Guadeloupe : question plus précise Québec : négation légitimée par le climat et les moyens disponibles	Contrariété et doutes	climatiques, géologiques
D S8	« Ça c'est pour la géothermie de basse énergie » (GD1) ... « Donc on a pris de la terre qui existe dans le laboratoire » (MD5)	Guadeloupe : argument scientifique Québec : échanges argumentés entre les membres de l'équipe de Montréal, réfutation, retour à l'argument des moyens	Accélération de l'interaction (échange et débit) Excitation (réflexion), doutes	épistémologiques (pédagogique), géothermiques
D S10	« Je voulais savoir... si vous vous n'avez pas des projets de groupes qui cherchent justement à exploiter de la géothermie en profondeur. » (GD1)	Guadeloupe : question sur les organismes susceptibles d'exploiter la géothermie profonde au Québec Québec : négation et argument contre de moyens	Curiosité	épistémologiques, (opposition concret théorique, signification de la recherche et approches différentes)
D S11	« C'est pas du tout pareil. »	Guadeloupe : explications Québec : thèse sur l'écart d'approche pédagogique et proposition argument hiérarchique	Déception	pédagogiques, didactique (attentes de l'enseignant)
E S9	« Mais on pourrait chercher dans les... on pourrait vérifier en théorie... pour faire des parallèles faire une étude plus complète. » (ME2)	Guadeloupe : question sur l'expérimentation Québec : réponse négative, puis proposition de recherche plus théorique pour répondre à la question	Interaction annexe intra-équipe (Montréal), accélération de l'interaction et du débit au sein de l'équipe ME	épistémologiques et pédagogiques

Dans la première colonne, la lettre correspond à l'identifiant de l'équipe concernée par l'enregistrement vidéo (A, B, C, D ou E). La lettre et le nombre qui suit correspond au numéro de la séquence dans laquelle l'effet a été détecté (S4 pour séquence 4). La seconde colonne permet de repérer le moment précis de l'émergence de l'effet en reportant les verbatims des locuteurs à ce moment-là. La troisième colonne décrit le contexte au moment de l'effet en se basant sur l'analyse verbale tirée des verbatims. Dans la quatrième colonne, les informations para-verbales et non verbales sont retranscrites, permettant parfois de mettre en évidence une émotion. Enfin, la dernière colonne décrit les thèmes ou éléments du contexte responsables des effets observés.

Les effets de contextes identifiés grâce à l'analyse des vidéos sont de natures très variées. Les changements d'états émotionnels ou comportementaux sont la traduction physique d'une réaction cognitive et constituent des marqueurs de l'effet de contexte. Nous utilisons le terme d'affect pour décrire les transformations ou des variations de comportements qui sont la conséquence sur les individus des effets de contextes (Baker et al., 2007) .

Ces transformations peuvent être très brèves (un état émotionnel instantané par exemple) ou durer dans le temps (une incompréhension qui perdure dans une interaction). L'analyse de la conséquence de cet effet peut donc se faire sur le court terme et sur le long terme.

Parfois, ils peuvent émerger explicitement, d'autres fois ils sont plus subtils et sont difficilement décelables, et parfois ils sont complètement implicites. Lorsqu'une réaction physique traduit la réaction cognitive, l'effet de contexte est identifiable, mais bien souvent, la réaction n'est pas perceptible, pas visible, ou bien n'émerge pas, et l'effet de contexte ne peut être identifié. En effet, ils peuvent prendre la forme d'un affect très peu perceptible lors de l'analyse de vidéos : comme de l'incompréhension, du questionnement, de l'intérêt ou encore de la réflexion qui sont des activités comportementales ne décrivant pas de pulsion et ne générant pas d'émotion. À l'inverse, ils peuvent générer des émotions fortes telles que la surprise ou encore l'hilarité. En fonction de l'intensité de l'affect, l'effet sera plus ou moins facilement identifiable.

Les effets de contextes, lorsqu'ils sont décelés, peuvent prendre la forme de réactions comportementales et émotionnelles individuelles ou partagées au sein d'un groupe plus ou moins important. Alors, ils peuvent être gérés de différentes manières par les acteurs de l'interaction. La survenue de l'effet peut être :

- ignorée des autres participants de l'interaction ;
- repérée d'un ou des autres participants sans que des modifications de conduite en résultent ;
- repérée des autres participants et générer une réaction.

Enfin, leurs conséquences peuvent être positives (excitation, motivation) ou négatives (inhibition, angoisse), et l'intensité de la réaction peut être variable.

Le tableau 105 est une synthèse détaillée des différentes caractéristiques pouvant être utilisées pour décrire un effet de contextes, de manière chronologique (avant, pendant, et après). Il reprend les différents éléments ayant permis tout au long de nos analyses, d'identifier et de décrire les effets de contextes.

Tableau 105 : Caractéristiques d'un effet de contextes

Avant	<p>Avant l'effet de contextes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - explication des contextes externes / internes - situation : cadre de l'échange, acteurs présents, objectifs de l'interaction
Pendant	<p>Emergence (pendant l'effet de contextes) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - élément déclencheur - contextes en jeu - nature de l'événement : <ul style="list-style-type: none"> • verbale • para-verbale • non verbale - description de l'effet de contextes dans l'interaction : <ul style="list-style-type: none"> • niveau d'explicitation • position dans l'interaction/séquence • importance (manière dont il est géré dans l'interaction) • nombre d'acteurs impliqués dans l'interaction au moment de l'émergence - description de l'effet de contextes : affect <ul style="list-style-type: none"> • présence d'un affect • intensité de l'affect • valence de l'affect • durée de l'affect • nombre d'acteurs impactés/impliqués par l'affect
Après	<p>Après l'effet de contextes :</p> <p>gestion : manière de gérer l'effet dans la suite des interactions (grounding / réparation / satisfaction / négociation)</p>

Ce tableau permet de formaliser les informations jugées pertinentes pour l'identification et la description d'un effet de contextes. Mais il n'est pas exhaustif et découle de l'analyse effectuée sur les effets de contextes spécifiques aux confrontations de contextes internes. Il se peut que d'autres types d'effets de contextes, liés aux décalages entre contextes externes et internes par exemple ne correspondent pas complètement à cette liste.

3.6. Discussion et conclusions

3.6.1. Des conceptions qui évoluent différemment

L'analyse des questionnaires pré-test et post-test a permis de suivre l'évolution des conceptions des apprenants, en questionnant leurs connaissances et leurs opinions. Les connaissances ont été analysées selon deux dimensions : la contextualité et l'expertise, et l'opinion, selon que les apprenants soient favorables ou défavorables au développement de la géothermie. L'analyse de l'évolution des conceptions entre le pré-test et le post-test est très délicate en raison de l'évolution de la cohorte entre les deux tests. Effectivement, plusieurs étudiants ayant participé au pré-test sont absents lors du post-test et la comparaison doit être menée avec précaution.

Pour la totalité des questions relatives aux connaissances, nous observons une augmentation des réponses expertes après l'expérimentation. Cela signifie que les étudiants ont acquis des connaissances expertes, différentes de leurs connaissances préalables spontanées. Nous observons également, pour ces questions, une diminution des connaissances naïves, mais cette observation ne peut être décrite comme significative en raison du nombre d'absents en post-test.

Cette évolution des conceptions alternatives (Dove, 1998) vers des conceptions plus expertes au sens de Johsua (1998), peut-être attribuée à la pédagogie qui a été mise en place. En effet, cette pédagogie demandait aux étudiants de faire leurs propres recherches sur la géothermie et sur les différentes thématiques d'investigation. La participation au projet et la réalisation des différentes demandes de la part des enseignants (présentation, expérimentation, maquette) a nécessité un investissement personnel de la part des étudiants, conduisant à un apprentissage actif. L'approche par investigation élaborée, malgré les différentes visions qu'elle génère chez les acteurs de notre expérimentation (enseignants et apprenants), a permis la construction de connaissances nouvelles et plus expertes par un apprentissage actif et investi.

Sur le plan de la contextualité, encore une fois, pour les questions relatives aux connaissances, nous constatons que la comparaison est plus délicate. Il semble tout de même que dans le groupe de Montréal, les réponses acontextuelles augmentent après la formation, et que les réponses contextuelles diminuent. Comme pour l'analyse sur l'expertise, la diminution de réponses peut difficilement être attribuable à une évolution de conceptions, en raison du nombre d'étudiants absents en post-test. En Guadeloupe, l'évolution est différente. De manière générale, la quantité de réponses contextuelles semble augmenter en post-test. Il est intéressant de noter que les conceptions, en matière de contextualité, n'évoluent pas de la même manière entre les deux territoires, alors que le scénario pédagogique était similaire.

Ces observations, faites sur les statistiques descriptives, sont confirmées par l'ACM que nous avons réalisée sur la question 1, dont l'interprétation décrit exactement ce qui a été énoncé ici. La figure 130 illustre de manière schématique l'évolution des conceptions entre le pré et le post-test.

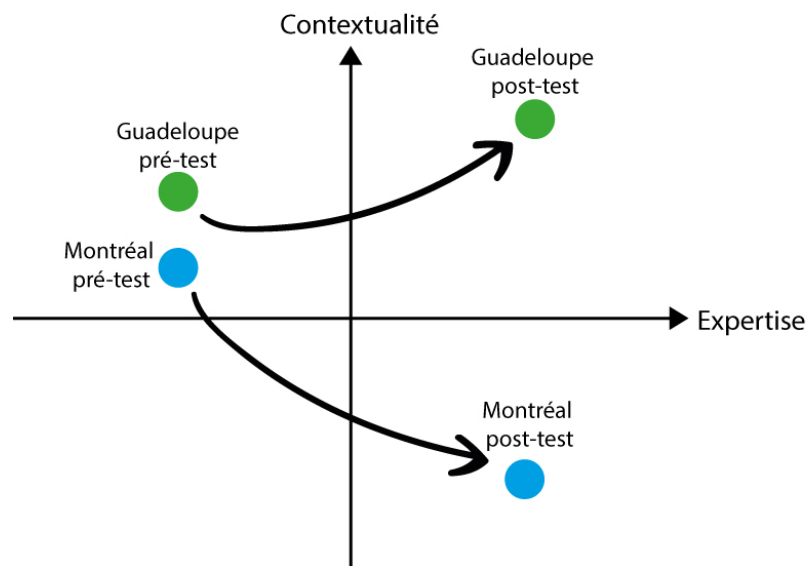


Figure 130 : Evolution différenciée des conceptions entre les pré et post-tests pour les deux groupes, selon les deux dimensions de l'expertise et de la contextualité

Cette différence d'évolution des conceptions peut être causée par différents facteurs, mais le premier qui nous paraît important, est la différence entre les contextes géothermiques. La géothermie, à Montréal, est surtout utilisée pour réguler la température dans des bâtiments (publics ou installations individuelles), et il existe plusieurs musées et centres culturels à Montréal dont la communication se fait principalement ou en partie sur cette source d'énergie alternative (le Biodôme, la Biosphère, la Maison du développement durable...). Mais, il existe également des projets d'exploitation de géothermie de haute température, dans d'anciennes mines, et dans les bassins des Basses-Terres du Saint-Laurent (Montréal et Québec), où il serait également possible d'associer une telle exploitation avec du stockage de CO₂. Ces projets sont cependant bien moins connus, mais il se peut que le concept de géothermie à Montréal soit plus facilement associé à ces différentes facettes. Ainsi, il paraît normal que la notion soit décrite par les étudiants de manière moins contextuelle et qu'elle puisse faire, soit référence à différents types de géothermie, soit à une conception globale et phénoménologique de la géothermie. Il se peut également que les investigations en contexte menées par ces étudiants, lors de l'expérimentation, les aient menés à l'acquisition de conceptions bien plus larges, en raison de la diversité des géothermies qui existent au Canada.

En Guadeloupe, le contexte géothermique est très différent. Comme nous l'avons vu, cette île est la seule des Antilles à produire de l'électricité à partir de géothermie. Les acteurs sociaux locaux décrivent cette ressource comme une richesse pour le territoire car ils sont conscients de son intérêt économique. La géothermie est donc très bien connue par les étudiants guadeloupéens, en raison de l'existence de la centrale géothermique de Bouillante. Les conceptions des étudiants sont naturellement construites en fonction de cette géothermie. Par ailleurs, l'investigation menée lors de l'expérimentation a certainement été mise en place par rapport à ces conceptions déjà présentes, et elle s'est faite en contexte. Ainsi, les étudiants ont sûrement approfondi et enrichi leurs connaissances contextuelles préalables en les complétant et n'en n'ont pas construit de nouvelles plus diversifiées. Les étudiants de ce même groupe ayant des conceptions plus générales ou

acontextuelles en pré-test ont, suite à l'investigation en contexte, sûrement acquis des conceptions contextuelles, d'où l'augmentation de réponses contextuelles en post-test.

Finalement, les liens entre géothermie et société sont très différents dans ces deux territoires. Pour cette raison, les conceptions construites par les étudiants, bien que socialement contextuelles, font référence à des concepts scientifiques sur la géothermie qui sont généraux à Montréal, et très contextuels en Guadeloupe.

Comme seconde raison à cette évolution différenciée des conceptions entre les étudiants des deux groupes, nous invoquons le contenu didactique du projet pédagogique. Comme nous l'avons déjà évoqué, l'organisation disciplinaire au Québec et en France est différente. Au Québec, il s'agit d'un enseignement portant sur les sciences et technologies, les étudiants sont de futurs enseignants de sciences et technologies, alors qu'en Guadeloupe, la matière s'intitule : sciences de la vie et de la Terre. Les conceptions de la science transmises ne sont pas les mêmes. Ainsi, à Montréal, les étudiants sont évalués sur la production d'un modèle pédagogique intégrant un aspect technologique, une maquette ou une expérimentation, alors qu'en Guadeloupe, il s'agit plutôt de réussir à modéliser un concept. Le fait que les activités pédagogiques soient approchées différemment par les étudiants peut être un facteur influençant l'évolution des conceptions. Par ailleurs, ces différences dans la perception de l'activité ont alimenté les échanges, parfois au détriment des dialogues portant sur l'objet d'étude en lui-même.

La question sur l'opinion a été analysée selon que les réponses soient favorables ou défavorables au développement de cette énergie. Pour les deux territoires, nous n'observons pas de différence significative entre les pré-tests et post-tests, et l'opinion reste globalement favorable. La pédagogie mise en place n'avait pas pour objectif de porter une réflexion sur cette question. En effet, les enregistrements vidéo ne montrent pas de débats portant sur l'opinion des apprenants, ni en interne (au sein du même groupe ou d'une même équipe), ni lors des interactions inter-groupes et inter-équipes.

3.6.2. Des comportements changeants face aux effets de contextes

Les effets de contextes détectés dans les vidéos se manifestent sous la forme d'affect, ou de changements d'état émotionnel. La diversité des effets de contextes observés grâce aux enregistrements vidéo a permis d'établir une liste permettant leur description. Ils pourront, dans de futures expérimentations, être décrits de manière très précise selon cette liste qui pourra néanmoins être complétée. En revanche, il n'a pas été possible d'observer les effets de contextes lors des investigations (entre les conceptions initiales et l'observable). Effectivement, la majorité des investigations se sont faites par des recherches internet ou en dehors des séances planifiées. Il n'était donc pas possible pour le chercheur de recueillir des données à leur propos.

Notre hypothèse initiale (hypothèse 3) selon laquelle les effets de contextes peuvent être identifiés par des analyses verbales, para-verbales et non verbale a été vérifiée. En effet, ces trois types d'analyses, décrites dans les résultats de ce chapitre, ont effectivement permis d'identifier les effets de contextes. Mais comme les analyses ont été faites uniquement sur les moments d'interaction

entre équipes homologues, l'hypothèse n'est vérifiée que pour les effets de contextes émergeant lors de ces moments (confrontations de contextes internes).

Dans les effets de contextes observés pendant les échanges entre équipes homologues, les affects sont très diversifiés : changement de posture, changement d'attitude, changement de comportement, changement de tonalité de voix ou changement d'état émotionnel. Finalement, nous considérons les affects (Baker et al., 2007) comme des changements ou des variations de comportement d'individus.

Nous estimons également que les effets de contextes peuvent apparaître suite à une incompréhension mutuelle ou individuelle menant à un quiproquo. En général, une discussion interne entre les membres d'une même équipe permet de relever l'incompréhension et d'aider à la lever. L'affect peut donc être partagé au sein de l'équipe ou au sein des deux équipes. Il est possible que l'émotion soit la manifestation la plus avancée et la plus intense de l'effet de contextes, mais que bien souvent, il s'agisse d'un affect de bien moins grande intensité, beaucoup plus difficile à déceler.

Ekman (1999) identifie six émotions de base, qu'il considère comme les six émotions universelles, partagées par tous les hommes. Il s'agit de la tristesse, la joie, la colère, la peur, le dégoût et la surprise. Ces émotions, selon lui, ne sont pas déterminées par la culture et se traduisent par les mêmes expressions faciales dans tous les pays. Dans le cadre de nos recherches, il semble pertinent de nous intéresser à la culture (au sens d'Ekman) au travers des émotions. En effet, notre expérimentation met en interactions des jeunes venant de pays différents, et nous cherchons à identifier des émotions chez ces jeunes. Ainsi, nous admettons que les six émotions décrites par Ekman sont universelles et qu'elles se traduisent de la même manière dans tous les pays. En revanche, les six émotions d'Ekman semblent trop peu diversifiées pour analyser nos vidéos. En effet, sur les 15 effets de contextes détectés, seulement deux correspondent à des émotions d'Ekman :

- la surprise : détectée dans la séquence 4 de la vidéo des équipes C, accompagnée d'un changement de posture, un rapprochement ;
- la joie : décrite comme de l'hilarité, partagée au sein des deux équipes homologues dans la séquence 9 de la même vidéo.

Plutchik (1994) propose une classification plus riche des émotions. Il décrit huit émotions de base partagées par toutes les espèces d'animaux, et il considère que les autres émotions sont mixtes et dérivées de ces émotions de base. Il crée ainsi la roue des émotions (figure 131). Dans cette roue, les huit émotions primaires, s'opposant deux à deux sont : la joie, la peur, le dégoût, la colère, la tristesse, la surprise, la confiance et l'anticipation. Ces émotions peuvent être décrites selon leur intensité, et ainsi correspondre à de nouvelles émotions. Par exemple, de la joie à forte intensité correspond à de l'extase et en faible intensité, à de la sérénité. De plus, les associations d'émotions en dyade résultent en de nouvelles émotions (tableau 106).

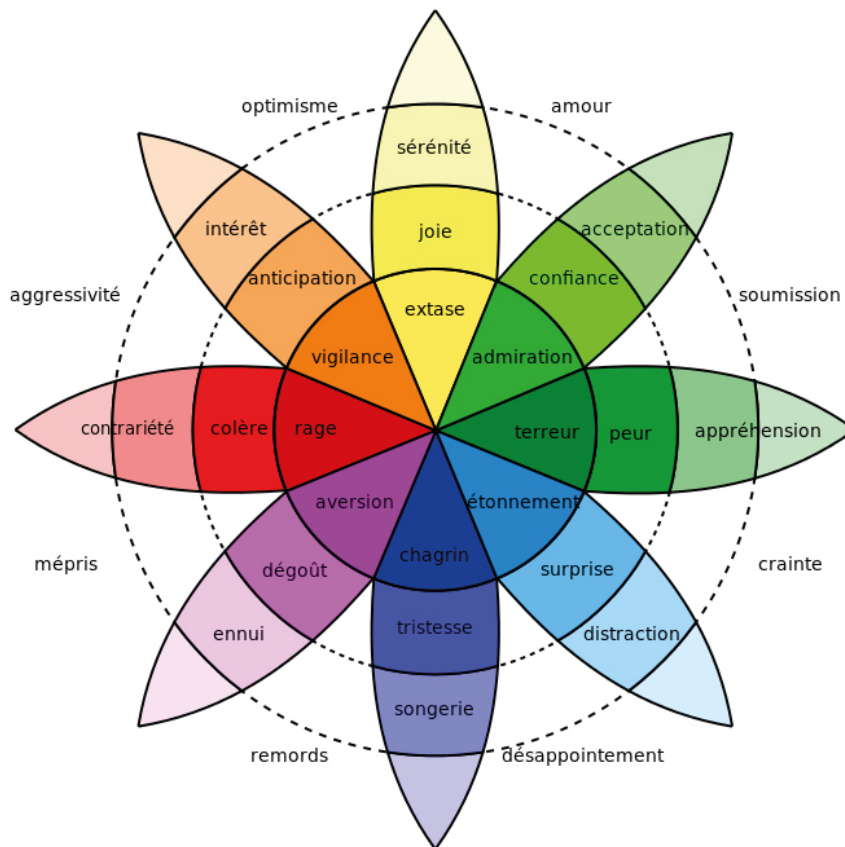


Figure 131 : La roue des émotions de Plutchik

Tableau 106 : Combinaison d'émotions selon Plutchik

Dyades primaires	Résultats	Dyades secondaires	Résultats	Dyades tertiaires	Résultats
Joie et confiance	Amour	Joie et peur	Culpabilité	Joie et surprise	Ravisement
Confiance et peur	Soumission	Confiance et surprise	Curiosité	Confiance et tristesse	Fadeur
Peur et surprise	Crainte	Peur et tristesse	Désespoir	Peur et dégoût	Honte
Surprise et tristesse	Désappointement	Surprise et dégoût	Horreur	Surprise et colère	Indignation
Tristesse et dégoût	Remords	Tristesse et colère	Envie	Tristesse et anticipation	Pessimisme
Dégoût et colère	Mépris	Dégoût et anticipation	Cynisme	Dégoût et joie	Morbidity
Colère et anticipation	Aggressivité	Colère et joie	Fierté	Colère et confiance	Domination
Anticipation et joie	Optimisme	Anticipation et confiance	Fatalisme	Anticipation et peur	Anxiété

Certaines des émotions identifiées dans nos effets de contextes ont été décrites comme de l'intérêt, comme par exemple dans la vidéo de l'équipe C (séquence 4). Par ailleurs, dans la deuxième vidéo de l'équipe D, une manifestation d'un effet de contexte a été décrite comme relevant du sarcasme, et nous pensons que cela pourrait être associé à du mépris. Effectivement, il semble probable, étant donné le contexte de l'interaction, que le locuteur en question (MD1) soit affecté par les deux émotions de faible intensité : la contrariété et l'ennui.

Finalement, nous essayons de reporter les effets de contextes identifiés et de leur associer une émotion de Plutchik dans le tableau 107.

Tableau 107 : Synthèse des affects identifiés dans les effets de contextes et correspondance avec les émotions de Plutchik

Id	Affect attribué à l'effet de contexte	Emotion de Plutchik
A S4	Intérêt, satisfaction ou excitation	Optimisme
A S5	Hésitation	Crainte
C S4	Intérêt ou surprise	Intérêt
C S4	Questionnement intérêt et changement de posture	Intérêt
C S9	Hilarité partagée, diffusion d'une émotion	Joie
D S4	Contrariété	Contrariété
D S4	Sarcasme	Mépris
D S5	Sarcasme	Mépris
D S6	[Prend sa tête dans ses mains] contrariété, doute [parle en regardant autre chose] désintérêt Satisfaction	Crainte et contrariété Distraction Ravisement
D S7	Contrariété	Contrariété
D S7'	Sarcasme, contrariété et doutes	Mépris et crainte
D S8	Accélération de l'interaction (échanges et débit) excitation (réflexion), doutes	Optimisme ou curiosité
D S10	Curiosité	Curiosité
D S11	Déception	Désappointement
E S9	Interaction annexe intra-équipe (Montréal) accélération de l'interaction et du débit au sein de l'équipe ME	Anticipation et optimisme

Nous constatons que l'interprétation des émotions des locuteurs reste quelque chose de très subjectif et de très compliqué à analyser. Il serait ainsi peut-être intéressant d'étudier la question de la détection automatique des émotions. Les travaux de Nicolle et al. (2012), s'intéressent aux interactions intelligentes entre humain et machine. Pour ce faire, ils cherchent à récolter, à interpréter et à intégrer les états affectifs des hommes dans des systèmes de communication homme-machine afin de permettre aux machines de pouvoir déceler les états émotionnels des hommes de manière automatique et ainsi de permettre aux machines de répondre de manière appropriée. Pour détecter les émotions, Nicolle et al. (2012) se basent sur les six émotions primaires d'Ekman. Ils repèrent quatre dimensions, relatives selon eux, à l'état affectif permettant de les identifier : valence (positive ou négative), arousal (activité), expectancy (anticipation) et power (contrôle). Cette technologie d'analyse semble pouvoir convenir pour l'interprétation des changements d'états affectifs ou émotionnels de nos étudiants. Cependant, pour ce faire, il est nécessaire de revoir notre méthodologie de captation vidéo. En effet, afin de déceler des émotions de manière automatique, les visages doivent être complets, stables, de face principalement, à une

distance précise, et les conditions d'éclairages doivent être optimales : ni trop sombres ni sur-éclairées.

3.6.3. Une approche pédagogique innovante

Notre analyse de la littérature nous montre que les effets de contextes sont très présents dans diverses disciplines. En sciences, Forissier (2015) observe des décalages entre les représentations de la lune que possèdent des étudiants et le réel. Fécil (2014) met en évidence des écarts entre les conceptions d'élèves sur la croissance des grenouilles et leur observation d'une éclosion d'œufs. Dans les disciplines linguistiques et non linguistiques, Anciaux (2013) présente des exemples d'effets de contextes lorsque la signification de certains mots en français pour un enseignant diffère de la signification de ces mêmes mots pour des apprenants qui seront plus influencés, par exemple, par le créole. Les effets de contexte peuvent également émerger à différents niveaux scolaires.

L'enjeu de l'expérimentation mise en place n'est pas d'essayer de modifier les programmes et de les adapter aux contextes. Il est plutôt de nous servir des décalages entre contextes pour construire des situations didactiques où la confrontation des contextes va alimenter le scénario pédagogique, afin de faciliter l'émergence d'effets de contextes.

La mise en évidence d'un décalage entre la conception de l'élève créée par son environnement social, culturel ou environnemental, et la réalité de ce qu'il observe, ou d'un décalage entre les conceptions éloignées de deux apprenants, crée un obstacle didactique. L'approche pédagogique mise en place tente de faire ressortir ces obstacles et de s'en servir. Il s'agit d'une approche par objectif obstacle (Martinand, 1986) visant à faire émerger des effets de contextes. Les effets de contextes peuvent être la manifestation des obstacles, et peuvent permettre de les surmonter. Comme le dirait Delcroix et al. (2013), il s'agit de « *repenser les obstacles épistémologiques dans l'élaboration des stratégies d'enseignement* ».

Notre objectif était de mettre en place cette approche pédagogique sur le sujet de la géothermie en créant des confrontations de conceptions entre des étudiants aux conceptions éloignées, afin d'étudier les effets de contextes qui peuvent apparaître. D'après les pré-tests que nous avons recueillis, les conceptions initiales des étudiants, bien différentes, sont propices à l'émergence des effets de contextes. Les interactions organisées entre ces étudiants ont permis de confronter leurs conceptions. Notre hypothèse initiale (hypothèse 1) selon laquelle la pédagogie basée sur les effets de contextes permet de créer des obstacles a été vérifiée. Cependant, la seconde partie de l'hypothèse portant sur l'impact des interactions sur l'apprentissage n'est pas totalement vérifiée. En effet, les apprentissages ont bien été repérés, et les interactions ont bien suscité des conflits sociocognitifs, mais il n'est pas possible d'établir de lien entre les interactions et l'apprentissage.

Afin d'établir ce lien, le scénario pédagogique doit être construit de manière à favoriser les échanges sur les conceptions d'apprenants. Il doit également permettre de surmonter les obstacles que sont les confrontations de contextes, afin que les effets de contextes puissent être une source à l'élaboration de nouvelles conceptions.

Le scénario mis en place dans le cadre de notre expérimentation, bien que construit autour des interactions, et propice aux échanges, n'a pas permis de réelles collaborations. Effectivement, il est

construit en deux parties : il est demandé aux étudiants de répondre à la problématique en Guadeloupe et au Québec. Les deux groupes ne sont donc pas incités à collaborer et répondent ainsi à la question chacun pour leur territoire. Or, pour que les effets de contextes puissent être surmontés, le scénario doit être commun aux deux côtés, et nécessiter des coopérations entre équipes homologues.

De plus, étant donné que chaque groupe avait pour mission de proposer une présentation sur le travail effectué de son côté, les échanges entre équipes ont bien souvent simplement consisté en une présentation mutuelle du contexte. Ils ne contiennent pas beaucoup d'argumentations entre les équipes homologues.

Enfin, les contextes pédagogiques des côtés Guadeloupe et Montréal n'ayant pas été expliqués au côté opposé, il se peut que les coopérations et les attentes des étudiants concernant les objectifs pédagogiques et les échanges aient été perturbées.

3.6.4. Liens entre modélisation du contexte et effets de contextes observés

Les contextes impliqués dans les effets de contextes observés recoupent partiellement ceux modélisés avec le Mazcalc (contextes hydrologiques, géologiques, climatiques, environnementaux, industriels). Ainsi, notre hypothèse initiale (hypothèse 2) selon laquelle le calcul d'écart permet de prédire les effets de contextes est vérifiée. Cependant, des contextes de toute autre nature ont également générés des effets de contextes. Ces derniers ne concernent pas l'objet étudié, la géothermie, et n'ont donc pas pu être anticipés par le Mazcalc (contextes épistémologiques, didactiques, pédagogiques...).

Il semble que les approches pédagogiques québécoise et française pour l'enseignement des concepts scientifiques soient différentes. La démarche d'investigation, côté Guadeloupe, fait de la problématisation l'objet central, alors qu'au Québec, c'est plutôt l'expérimentation qui est située au centre de la démarche. Il se peut que le scénario pédagogique, présenté par les enseignants à leur groupe, n'ait pas été abordé de la même manière des deux côtés. Cela peut être la cause des effets de contextes constatés, de nature différente, de ceux en lien avec le sujet de la géothermie.

Le modèle clash (Forissier et al., 2014) illustré dans la partie théorique (cf. 1.4.4. Modéliser le contexte, p. 78) tente de représenter la manière dont émergent les effets de contextes. Il modélise cette émergence comme un « clash » ou une confrontation entre des contextes internes décalés. Selon le modèle, les effets de contextes sont la conséquence directe de l'écart entre deux contextes externes relatifs à un objet d'étude (lors d'une interaction). Cependant, comme nous l'avons constaté par notre analyse des enregistrements vidéo de l'expérimentation, les effets de contextes, lors d'interactions didactiques, peuvent également être causés par des écarts d'approches pédagogiques, ou d'approches face à l'investigation. Or, nous pensons que ces écarts peuvent être à la source d'apprentissage, à la fois de connaissances relatives aux savoirs, mais également de méthodes.

Comme le soulignait Maurines et Orange Ravachol (2016) ou encore Lederman (2006) par exemple, l'apprentissage en sciences n'est pas uniquement lié à l'acquisition de connaissances scientifiques, mais il comprend également l'appropriation d'une démarche scientifique. Finalement, les effets de

contextes peuvent apparaître lors d'écarts dans les démarches, donc dans les contextes didactiques, et ces effets de contextes sont également une source d'apprentissage de la science.

Le modèle ne représente pas l'influence des contextes didactiques dans la construction du contexte interne. Or, il semble que ces derniers soient aussi responsables d'une conception de la démarche pédagogique différente chez des apprenants aux contextes didactiques éloignés.

Par ailleurs, comme cela a déjà été observé dans l'expérimentation sur les grenouilles (Fécil, 2014), les effets de contextes apparaissent également lors de la confrontation entre le contexte interne (les conceptions) et le contexte externe (le réel). Effectivement, dans une des vidéos récoltées pendant une investigation sur la croissance des grenouilles, un élève s'étonne de constater que lors de l'éclosion des œufs, ce qui en sort n'est pas un têtard, mais une petite grenouille. Dans cet exemple, qui est loin d'être le seul, la confrontation entre la conception de l'élève et le réel provoque une réaction comportementale, un étonnement.

Le modèle clash n'illustre pas les effets de contextes pouvant apparaître lors de la confrontation entre les contextes externes et internes d'un apprenant (ECei). La figure ci-dessous (figure 132) tente de reprendre et d'illustrer les deux types d'effets de contextes. Elle intègre également le rôle des différents contextes externes dans la construction des conceptions par des flèches (les flèches noires).

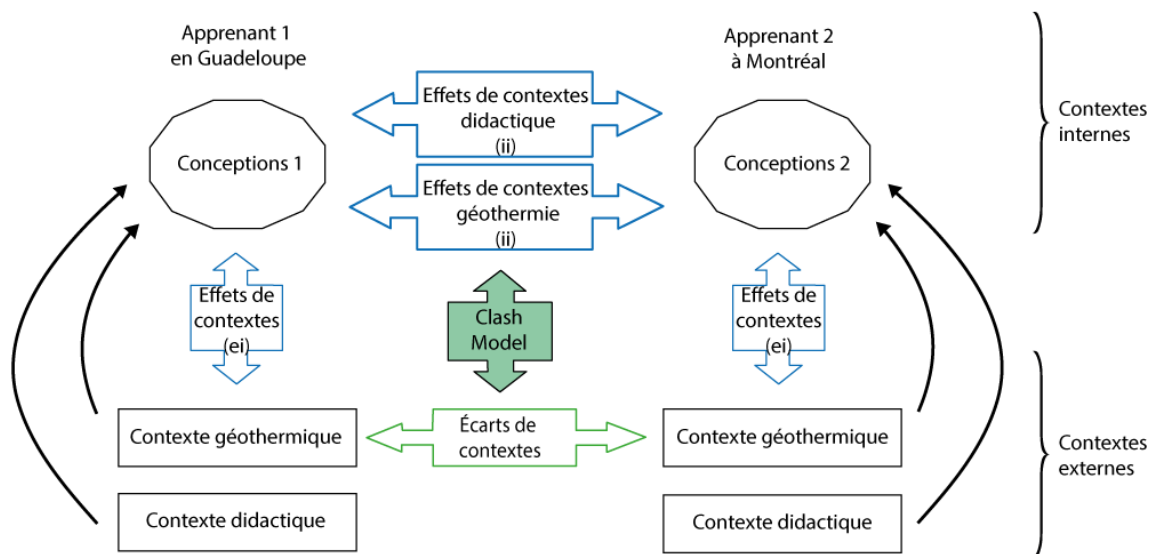


Figure 132 : Schématisation des interactions entre contextes d'après Forissier et al. (2014)

Dans un cadre didactique, le contexte interne de l'apprenant est constitué de ses conceptions préalables de l'objet étudié mais également de sa conception de la situation didactique. Or, ces deux objets peuvent être contextuels. Ainsi, les conceptions de la géothermie peuvent se construire en lien avec le contexte géothermique de l'apprenant, et les conceptions de la situation pédagogique en lien avec le contexte didactique. Ces deux contextes constituent donc des facteurs à la construction des conceptions de l'apprenant dans la situation didactique, et ces conceptions, comme nous l'avons

constaté, sont des objets pouvant générer des effets de contextes. Le modèle correspond donc à l'émergence des effets de contextes lors de la situation didactique de notre expérimentation.

3.6.5. Vers un Mazcalc plus adapté

L'utilisation du prototype du Mazcalc à des fins pédagogiques nous a permis de nous rendre compte de ses limites et ainsi d'approfondir les réflexions sur cet outil. Deux limites sont, selon nous, importantes à signaler.

La variabilité temporelle et spatiale des paramètres constitutifs du modèle de contexte n'a pas été prise en compte, mais il semble évident qu'elle doit l'être :

« a context model should normally include information on temporal aspects. In this regard, context information can be characterized as being static or dynamic. The value of static information remains unchanged over time whereas the value of dynamic information may vary depending on the time instant we request it »²⁶ (Hoyos, García-Molina et Botía, 2010).

Par exemple, le paramètre « Nature de la roche » est un paramètre contextuel qui n'aura pas la même caractéristique selon l'endroit étudié en Guadeloupe. Si on cherche à modéliser le contexte géothermique de Guadeloupe, il est nécessaire de pouvoir attribuer plusieurs variables à ce paramètre. C'est-à-dire qu'on pourra représenter la nature de toutes les roches de Guadeloupe, et non pas uniquement une. De la même manière, le paramètre « Stade du projet géothermique » doit pouvoir prendre en compte une variabilité temporelle. La date doit pouvoir être précisée pour chaque valeur du paramètre. Typiquement, entre le début et la fin de l'expérimentation pédagogique, la centrale géothermique de Bouillante, en Guadeloupe, est passée du stade d'activité « d'exploitation et maintenance » au stade de « renouvellement d'exploration » puis de « développement de l'exploitation » à la suite de son rachat par la société Ormat, qui a investi pour le développement du complexe. Alors, le calcul d'écart sera bien plus compliqué, car chaque paramètre pourra comporter une ou plusieurs valeurs et le nombre de valeurs ne sera pas forcément le même pour les deux contextes à comparer. Nous proposons ainsi un tableau permettant de mieux comprendre la variabilité spatiale et temporelle des paramètres (tableau 108).

Tableau 108 : Les attributs fonctionnels du Mazcalc

Espace Temps	Variable	Stable
Variable	Paramètres dynamiques contextuels	Paramètres dynamiques non contextuels
Stable	Paramètres statiques contextuels	Paramètres statiques non contextuels (constantes)

²⁶ Traduction par Claire Anjou : « Un modèle de contexte doit normalement inclure des informations sur l'aspect temporel. À cet égard, les informations concernant le contexte peuvent être caractérisées comme étant statiques ou dynamiques. Les valeurs des informations statiques ne changent jamais au cours du temps alors que les valeurs des informations dynamiques peuvent varier en fonction du moment où elles sont sollicitées. »

Ce tableau est expliqué en deux parties, tout d'abord les paramètres statiques sont décrits, puis les paramètres dynamiques.

Les paramètres statiques

Il s'agit de paramètres qui présentent un caractère de stabilité sur une échelle temporelle, celle de l'expérimentation par exemple. Ils sont ainsi stables dans le temps mais sont spécifiques à une échelle spatiale. Ils peuvent varier dans l'espace. En géologie, la densité moyenne de la croûte continentale, la vitesse de propagation d'une onde S dans une roche donnée ou de manière plus générale, les constantes de la physique sont des constantes absolues ou des paramètres statiques non contextuels (stables dans le temps et l'espace). D'autres éléments peuvent varier sur une longue période qui ne serait pas celle d'une expérimentation menée sur quelques semaines : population mondiale, guadeloupéenne ou québécoise, taux de chômage. Ils peuvent également être considérés comme constants dans le cadre d'une expérimentation. Certains paramètres statiques dans le temps peuvent varier selon l'espace. Lorsqu'on parle du contexte géodynamique, ou de la composition du sol, il s'agit de paramètres qui n'auront pas la même valeur selon qu'on se situe en Guadeloupe ou au Québec. Ils peuvent même varier au sein d'un même territoire, mais ne varient pas dans le temps. Il s'agit donc de paramètres statiques contextuels.

Les paramètres dynamiques

Les paramètres dynamiques sont variables dans le temps. Les paramètres dynamiques contextuels sont des items qui sont variables dans le temps et dans l'espace. Par exemple, la durée d'ensoleillement est quelque chose qui varie selon les jours et également selon la localisation géographique. Le stade de développement de l'exploitation fera également partie de cette même catégorie de paramètres car, comme nous l'avons vu, elle peut évoluer à l'échelle d'une expérimentation et elle dépend de la zone géographique. Les paramètres dynamiques non contextuels sont des éléments qui peuvent varier dans le temps mais qui sont stables dans l'espace. Par exemple, le coût de l'once d'or est une donnée qui officiellement est stable dans l'espace, elle est la même partout mais elle fluctue dans le temps.

Après avoir créé une expérimentation pédagogique en lien avec les calculs d'écarts enregistrés par le Mazcalc, il ne semble pas pertinent de vouloir modéliser tous les aspects et toutes les facettes du concept étudié. Il est extrêmement complexe de modéliser de manière complète et exhaustive les contextes d'un objet. Et finalement, il est beaucoup trop audacieux de penser pouvoir modéliser un contexte dans sa totalité. Par ailleurs, l'expérimentation a révélé que seule une faible proportion des paramètres créés pour modéliser le contexte a été utile à la création du scénario pédagogique visant à faire émerger les effets de contextes. À titre d'exemple, lors de l'expérimentation menée avec les étudiants de l'UQAM et de l'ESPE, l'aspect structural (fracturation ou réseau de failles) n'a pas fait l'objet d'une thématique précise et n'a pas été discutés lors des échanges. Les contraintes pédagogiques (comme cela l'a été spécifié dans la figure 92 illustrant l'organisation des acteurs du Mazcalc), doivent pouvoir être précisées avant de modéliser les contextes. Ainsi, les paramètres modélisés et les écarts calculés seront plus en adéquation avec le scénario.

3.6.6. Les possibilités d'ouverture du Mazcalc

Au-delà de fournir un détail des différences entre deux contextes d'un objet donné, dans un objectif didactique, il est imaginable qu'un outil tel que le Mazcalc pourrait s'amender d'une valeur ajoutée : la dimension sociale. Trois points pourraient être discutés.

Le premier serait de construire du savoir, des connaissances matérialisées, sous la forme d'une base donnée extrêmement riche. Ce savoir serait directement construit avec les experts et chercheurs des domaines (scientifiques) et donc actualisé régulièrement, et disponibles à des fins d'enseignement. Ainsi les enseignants auraient à disposition des données fiables sur des objets d'études récents ou qui évoluent vite.

Le second point serait de mettre en relation des enseignants issus de contextes préférentiellement bien différents et souhaitant travailler sur un objet d'étude d'intérêt commun. Un système permettrait de les réunir ou de les faire correspondre en fonction de différents critères, tels que leur langue d'enseignement ou leurs contraintes pédagogiques. Ainsi, si les critères s'accordent, les enseignants pourraient entrer dans le processus pédagogique basé sur les effets de contextes.

Dans un troisième temps, les données relatives à un objet d'étude pourraient être associées à un scénario pédagogique déjà mis en place (il faudrait pour cela que le scénario puisse être implémenté dans l'outil, dans sa base de données). Ainsi, les enseignants pourraient choisir un scénario pédagogique basé sur les effets de contextes, qui aurait déjà mise en place. Le scénario pourrait être choisi en fonction par exemple de son efficacité à favoriser les effets de contextes ou des compétences qu'il vise à développer.

3.6.7. La design-based research

L'expérimentation mise en place ainsi que le prototype du modélisateur de contextes réalisé fournissent une base pouvant servir à de futures expérimentations. Dans le cadre du projet TEEC, notre expérimentation s'inscrit dans une des premières expérimentations de la *design-based research* (DBR) constitutive du projet. Cette méthodologie de DBR, ou de recherche collaborative orientée par la conception (Sanchez, 2015), valorise le lien et les partages devant être faits entre les enseignants et les chercheurs en didactique, pour améliorer l'enseignement. Nous allons légèrement au-delà de cette double participation, et basons notre recherche sur un partage de praxéologies, au sens de Sanchez et Monod-Ansaldi (2015), entre l'enseignant et le chercheur en didactique, mais également sur un partage de connaissances entre l'expert du domaine d'enseignement et l'enseignant. Nous soulignons qu'il est très délicat pour un enseignant de faire appel aux experts d'un domaine afin de participer à des projets pédagogiques. Cependant, comme nous le constatons avec la géothermie, certaines disciplines nouvelles ou trop récentes, sont mal connues et trop peu familières des enseignants. Ainsi, une collaboration entre enseignants et experts dans ces domaines permettrait une certaine expertise des enseignements de ces concepts.

Notre expérimentation fournit une base pouvant permettre d'améliorer la recherche, d'un point de vue expérimental, comme d'un point de vue théorique. Le Mazcalc peut être amélioré en repensant l'organisation de ses paramètres ou attributs fonctionnels. Ces attributs fonctionnels possèdent d'ailleurs des points communs avec ce que De Lacaze (2015) appelle objet de contexte. La pédagogie

peut également évoluer vers des scénarios plus communs. Également, le recueil de données peut être mieux maîtrisé avec de meilleures conditions de captation vidéo par exemple.

Finalement, cette expérimentation nous a permis de nous familiariser avec la notion d'effet de contextes. Nous proposons une classification de ces phénomènes, en associant les démarches pédagogiques pouvant permettre l'émergence de deux différents types d'effets de contextes, à des processus cognitifs issus de théories sur l'apprentissage (figure 133).

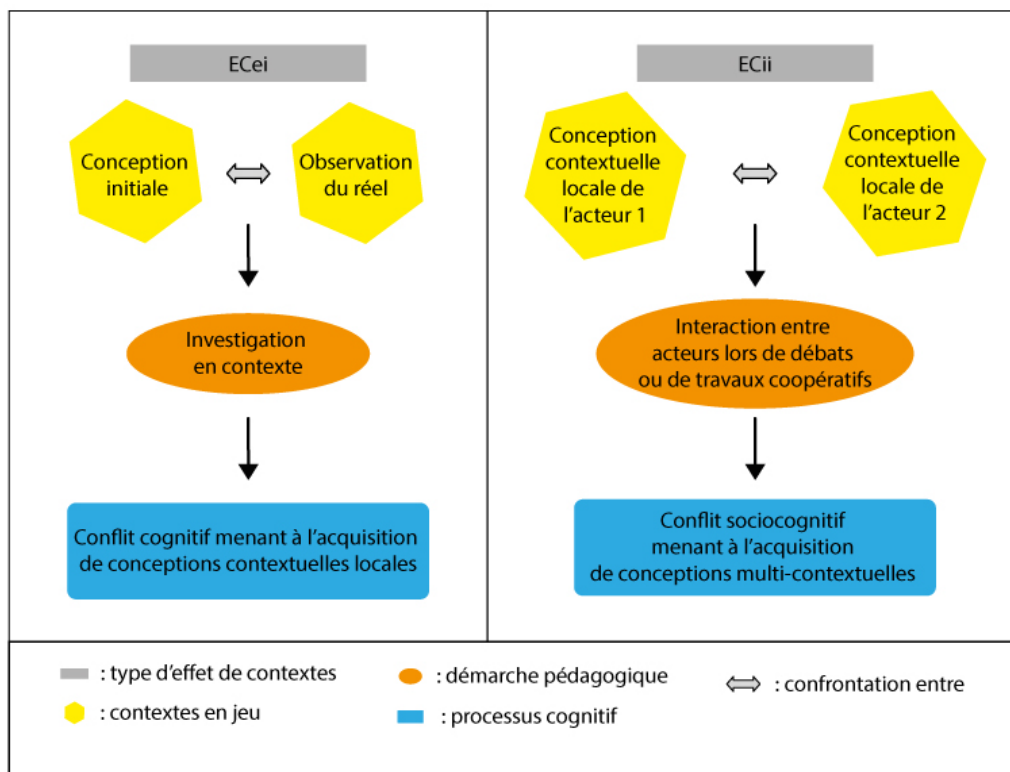


Figure 133 : Deux types d'effets de contextes (ECei et ECii)

Les effets de contextes externe-interne (ECei) sont le résultat de la mise en évidence d'un décalage entre les conceptions d'un individu et son observation du réel. Ils peuvent apparaître lors de moments d'investigation en contextes (sortie de terrain, observation du réel, confrontation à l'environnement). Ces phénomènes de décalages peuvent générer un conflit cognitif, ou encore un phénomène de contextualisation cognitive. Des changements conceptuels peuvent également émerger, et mèneront à l'acquisition de connaissances ou de conceptions contextuelles.

Les effets de contextes interne-interne (ECii) sont le résultat d'une prise de conscience, par des apprenants, de différences dans les conceptions qu'ils possèdent, à propos d'un même objet. Ils apparaissent lors d'échanges entre les deux individus. Dans nos travaux, ces effets sont générés par les interactions entre étudiants, vivant dans des endroits où l'objet étudié est bien différent, lors de travaux collaboratifs. Ils peuvent être à la source de conflits sociocognitifs et mener à l'acquisition de conceptions multi-contextuelles. Il n'est cependant pas exclu que ces effets puissent également apparaître dans d'autres situations didactiques, lors d'interactions entre enseignants et apprenants par exemple.

4. Discussion générale

Cette dernière partie de la thèse présente une synthèse de nos résultats puis les discute, au regard de la littérature. La discussion générale se scinde en sept parties. Tout d'abord, nous reviendrons sur le contexte de la thèse et sur notre problématique initiale, puis nous discuterons des relations entre conceptions et contextes à différentes échelles. Ensuite, nous questionnerons les liens entre représentations sociales et conceptions. Dans une quatrième partie, nous étudierons la question de la géothermie comme une question socialement vive, et après cela, nous apporterons des précisions sur le concept d'objet de contexte. Nous discuterons par la suite de nos conclusions sur les théories relatives aux effets de contextes, sur leur émergence et sur leur impact, et dans une dernière partie nous aborderons les liens entre effets de contextes et modélisations de contextes.

4.1. Vers une didactique de la géothermie

La géothermie présente un fort potentiel en Guadeloupe, en Dominique, mais également dans la majorité des îles de l'arc antillais. Inopportunément, ce potentiel n'est pas exploité, sauf en Guadeloupe où la centrale de Bouillante produit une petite part de l'électricité consommée. D'autres énergies renouvelables sont en train de se développer sur ces îles, comme le solaire, l'éolien ou encore l'hydroélectricité, mais l'importation de combustibles fossiles reste la principale ressource énergétique dans ces territoires. Les politiques nationales et européennes de développement durable ont permis la création de différents projets liés aux énergies renouvelables. L'autonomie énergétique et la réduction de l'émission de gaz nocifs et à effet de serre conduisent ces îles à s'intéresser de plus en plus à la géothermie. Ainsi, des projets d'envergure locale, mais également internationale, se développent dans les Antilles. Ce développement nécessite des spécialistes et des experts dans le domaine de la géothermie en Guadeloupe. Dès lors, la question de la formation des acteurs de cette filière se pose sur le territoire antillais. En outre, l'éducation scolaire, visant à former de futures générations habilitées à prendre des décisions sur les préoccupations de demain, peut facilement intégrer la géothermie sous ces aspects scientifiques, technologiques et sociétaux. Cette discipline peut facilement intégrer un enseignement plus vaste comme l'éducation au développement durable ou à l'environnement. Il serait présomptueux et prématuré d'apporter une réponse concluante et définitive à la question du mode d'éducation à la géothermie. Comme nous l'avons déjà indiqué, notre objectif n'est pas d'instaurer des modifications de curriculum ou de proposer de nouvelles formations, mais plutôt d'engager une réflexion sur les moyens à mettre en œuvre pour améliorer cette éducation en contexte guadeloupéen.

Notre approche de l'éducation est centrée sur l'apprenant. Mais nous nous inscrivons également dans une approche alliant les sciences et la société. Sur une échelle temporelle, nous nous intéressons à des phénomènes liés aux apprentissages informels. Il s'agit de phénomènes antérieurs à la formation scolaire comme les savoirs préalables aux apprentissages scolaires et les conceptions des apprenants. Mais nous nous attachons également à des phénomènes reliés à l'apprentissage formel : comportements et affects d'apprenants en situation didactique et processus métacognitifs. Nos recherches sur l'enseignement en contexte d'Outre-mer français nous ont, par ailleurs, montré l'importance de la contextualisation dans l'enseignement. La particularité géographique de la Guadeloupe lui confère des spécificités sur le plan énergétique, socioculturel, économique ou encore écologique, entraînant l'existence d'un contexte géothermique particulier, différent de ceux

existants dans d'autres territoires. Cela nous amène à nous questionner sur la prise en compte de la diversité ou de la particularité des contextes géothermiques dans un cadre didactique.

Ainsi, notre étude se déroule en deux phases. Dans la première, un recueil de conceptions d'élèves sur la géothermie a été effectué dans plusieurs territoires antillais possédant des contextes géothermiques variés. Dans la seconde, nous nous basons sur les résultats de la première enquête, dans lesquels l'importance des relations entre les conceptions et les contextes est mise en évidence pour expérimenter une pédagogie prenant en compte la diversité des contextes géothermiques. Pour ce faire, l'expérimentation met en relation des étudiants vivant dans des territoires où les différences en matière de géothermie sont extrêmes.

4.2. Des conceptions construites en contexte

Notre enquête est constituée d'un recueil de conceptions sur la géothermie auprès d'élèves résidant dans trois territoires caribéens différents, la Guadeloupe, la Martinique et la Dominique. Ces trois territoires bénéficient de géothermies bien différentes :

- la Guadeloupe possède un potentiel prouvé qui est actuellement exploité ; la centrale produit de l'électricité qui alimente la population locale et contribue à hauteur d'environ 10% de l'électricité produite ;
- la Dominique possède un potentiel très important, qui n'est actuellement pas exploité, mais des forages exploratoires ont été réalisés et l'engouement politique pour le développement de cette ressource sur le territoire ne manque pas ;
- les ressources géothermiques en Martinique ne sont pas encore véritablement prouvées, et les dernières campagnes d'explorations ont montré la présence d'un potentiel, mais bien moins important que celui de la Guadeloupe et de la Dominique.

Les 1 350 questionnaires récoltés dans les trois territoires et leur analyse, principalement comparative, nous ont permis de constater que les conceptions construites par les élèves interrogés sont très différentes sur les trois îles, mais également très fortement corrélées à leurs contextes. En Guadeloupe, les conceptions identifiées sont fortement liées à la centrale de Bouillante, donc à l'aspect industriel de l'objet, mais elles sont également liées au volcan ou au volcanisme. En Martinique, les conceptions récoltées sont bien plus souvent en lien avec l'aspect environnemental de la ressource et font souvent référence à d'autres énergies renouvelables telles que l'éolien et le solaire. Enfin, en Dominique, les conceptions recueillies sont plutôt tournées vers l'aspect utilitaire de la ressource, dans le sens où son utilisation pour la production d'électricité est mise en avant. Elles font également souvent référence à une usine de production, c'est-à-dire à l'aspect industriel de la ressource.

La deuxième étude qui constitue cette thèse est une expérimentation pédagogique sur la géothermie, impliquant des étudiants de Montréal et de Guadeloupe, au cours de laquelle les conceptions des apprenants ont été recueillies en pré-test et en post-test. Nous avons pu constater qu'il existe un lien entre les conceptions des élèves guadeloupéens de seconde et celles des étudiants guadeloupéens de notre expérimentation. Effectivement, les conceptions volcano-industrielles décrites chez les élèves peuvent également l'être de cette manière chez les étudiants de

notre expérimentation. Les dessins des étudiants de master, aussi bien en pré-test qu'en post-test, contiennent en grande majorité des volcans ou des éléments faisant référence à une activité volcanique, ou permettant d'assimiler le dessin à la centrale de Bouillante.

En comparaison, les conceptions identifiées chez les étudiants de Montréal sont beaucoup plus générales, et pour certaines, plutôt liées à l'utilisation individuelle de la géothermie (régulation de température dans des bâtiments).

Nous avons démontré que sur le sujet de la géothermie, elles sont contextuelles. En effet, ces deux études à visées différentes, nous montrent à quel point les conceptions sont divergentes selon le territoire étudié, à l'échelle de plusieurs îles des Antilles, mais aussi à l'échelle intercontinentale. Les conceptions de la géothermie sont construites dans le contexte du porteur de conception, elles sont inscrites dans le contexte géothermique de l'apprenant.

4.3. Les représentations collectives comme noyau central des représentations sociales

Les représentations sociales sont définies de diverses manières selon les auteurs. Pour Jodelet (2003), elles correspondent à une « *forme de connaissance, socialement élaborée et partagée, ayant une visée pratique et concourant à la construction d'une réalité commune à un ensemble social* ». Selon Abric (2005) la représentation sociale est un système plus complexe, elle est définie comme :

« un ensemble organisé d'informations, d'opinions, d'attitudes et de croyances à propos d'un objet donné. Socialement produite, elle est fortement marquée par des valeurs correspondant au système socio-idéologique et à l'histoire du groupe qui la véhicule pour lequel elle constitue un élément essentiel de sa vision du monde. » (p. 59)

Rateau et Lo Monaco (2013) définissent, quant à eux, les représentations sociales comme des « *systèmes d'opinions, de connaissances et de croyances propres à une culture, une catégorie ou un groupe social et relatifs à des objets de l'environnement social* » (p. 3). Ils soulignent que l'émergence des représentations sociales se fait lorsqu'une situation nouvelle ou inhabituelle a un impact sur l'objet en question. Cela suscite ainsi une dispersion des informations, une activité cognitive importante, des débats vifs et des prises de positions auprès des acteurs des groupes sociaux. Selon une approche structurelle d'analyse, certains des éléments composant le système complexe des représentations sociales constituent le « *noyau central* », alors que d'autres constituent les « *éléments périphériques* ». Le noyau central est considéré comme la partie abstraite et stable des représentations sociales autour duquel s'organisent les autres éléments. Il génère le sens, organise et structure les représentations sociales, et constitue une base « *commune, collectivement partagée* » par le groupe social. Le système périphérique, quant à lui, a une nature plus individuelle, même s'il reste en cohérence avec le noyau central.

Comme nous l'avons déjà évoqué, en Guadeloupe, les conceptions de la géothermie sont fortement liées au volcanisme et à l'industrie centralisée de la géothermie (à Bouillante). Elles constituent ce qu'on pourrait appeler une représentation collective au sens de Durkheim et al., 1968 de la géothermie en Guadeloupe. Effectivement, les conclusions dégagées de nos analyses font référence

à des éléments communs dans les conceptions de la classe d'âge 14-16 ans de Guadeloupe. En revanche, ce groupe ne constitue pas un groupe social, car il n'est pas possible de dire de ses individus qu'ils partagent les mêmes valeurs, normes ou idéologies. Ces individus ne se revendiquent pas comme appartenant à un certain groupe social.

Nous possédons cependant un corpus de données assez complet et varié sur les conceptions de la géothermie de différentes populations de Guadeloupe :

- 496 questionnaires sur un échantillon d'élèves de seconde représentatif de la population des 14-15 ans en Guadeloupe (notre étude) ;
- 505 entretiens téléphoniques sur un échantillon de la population d'adultes en Guadeloupe (BVA Group, 2014) ;
- 119 entretiens sur un échantillon de riverains proches de la zone de Bouillante en Guadeloupe (BVA Group, 2014) ;
- des questionnaires sur une cohorte de 12 étudiants en Master, futurs enseignants en SVT (notre étude) ;
- des questionnaires soumis à trois classes de CM2 (élèves de 11 ans) (Mazabraud et Forissier, 2010) ;
- 7 entretiens auprès d'élus et d'acteurs locaux sociaux de la géothermie (travail en cours de publication).

Les conceptions recueillies dans ces enquêtes sont construites sur la géothermie de haute énergie, celle exploitée en Guadeloupe. Elles correspondent à une relativement bonne connaissance de ce qu'est cette géothermie, soit une exploitation de la chaleur du sol, induite par le volcanisme, et servant à produire de l'électricité. La géothermie est également perçue comme une énergie renouvelable participant au développement durable de l'île. L'aspect économique est également bien représenté, la géothermie étant vue comme constituant un atout de ce point de vue-là. Enfin, l'industrie de la géothermie dans ce territoire est bien acceptée, bien qu'elle soit perçue comme pouvant générer quelques nuisances (odorantes, visuelles et auditives). Ces éléments pourraient peut-être correspondre à ce que Abric (2001), repris par Rateau et Lo Monaco (2013), nomment « *noyau stable* » ou « *noyau central* » des représentations sociales de la géothermie, partagées par la population de Guadeloupe, en supposant que cette population constitue un groupe social. Ils interagissent en effet avec des éléments de culture, historiques, environnementaux ou encore sociétaux, et semblent communs à ce groupe. En revanche, cette hypothèse ne pourrait être vérifiée que par une analyse structurelle des représentations sociales. Les différentes enquêtes étudiées permettent uniquement de décrire les conceptions de notre population représentative d'élèves, et d'identifier les représentations collectives ou communes à cette population.

Les représentations collectives, selon Durkheim, sont plus stables et plus constantes que les conceptions individuelles. Il nous paraît ainsi plus pertinent de se servir de ces dernières pour la mise en place d'un enseignement à la géothermie qui soit en adéquation avec ces conceptions préalables partagées.

Par ailleurs, Abric et Guimelli (1998) soulignent qu'il existe « *des relations étroites entre le contexte social d'une part, et les stratégies sociocognitives qui sont à l'origine de l'élaboration et de la construction des représentations sociales d'autre part* », et Legardez (2004) ajoute que ces relations sont particulièrement fortes dans le contexte social spécialisé dans la gestion des stratégies

cognitives qu'est le contexte scolaire. Ces idées soutiennent celles que nous avons émises plus haut sur les relations en contextes et conceptions, mais surtout confirment la pertinence de la prise en compte des contextes et internes en milieu scolaire.

Ce schéma de définition des représentations sociales est, selon nous, comparable à celui définissant les conceptions selon Clément (2010) : le modèle KVP (connaissances, valeurs et pratiques sociales). Nous avons adapté ce modèle à notre situation relative à la géothermie et considérons les conceptions des jeunes à l'égard de la géothermie en Guadeloupe comme construites selon leurs connaissances, leurs opinions, et leurs expériences. Finalement, le modèle KVP de Clément semble s'adapter au système des représentations collectives, constituées de systèmes de valeurs et des pratiques sociales de référence, tandis que notre approche semble plutôt orientée vers des conceptions individuelles et des opinions personnelles (bien qu'elles puissent être influencées par diverses pratiques, valeurs sociales et expériences).

Enfin, nous pensons que les représentations collectives que nous avons décrites peuvent constituer un outil pour l'étude et l'analyse de représentations sociales.

4.4. La géothermie constitue-t-elle une question socialement vive ?

Comme le montrent les travaux croisés de Albe et Simonneaux (2002) et de Legardez (2004), le lien entre représentations sociales et questions socialement vives est très fort. Les QSV sont définies comme étant des questions suscitant des controverses à trois niveaux. Elles provoquent des débats scientifiques, au niveau de la production des savoirs savants de référence, des débats au sein de la société, et « *elles provoquent des débats auxquels les acteurs de la situation didactique, élèves et enseignants, ne peuvent échapper tant elles sont prégnantes dans leur environnement social et médiatique* » (Albe et Simonneaux, 2002).

La géothermie est une science relativement récente, dont les technologies d'exploitation et les connaissances sont en plein développement. La géothermie de haute énergie, bien que considérée comme énergie renouvelable, possède de nombreuses caractéristiques d'exploitation similaires à celles utilisées par l'industrie pétrolière (Malo, Raymond et Malo, 2016). Afin de tirer le maximum de la ressource, certaines technologies pouvant être utilisées s'apparentent au « *fracking* » ou « *cracking* » (fracturation hydraulique) utilisées dans l'industrie pétrolière (fracturation de roches par injection de fluides sous très haute pression). Or, ce type de procédé, déjà utilisé dans l'exploitation de gaz de schistes ou des schistes bitumineux, a fait beaucoup parler de lui et a suscité de nombreuses controverses dans la société et au sein de la communauté scientifique, pour de nombreuses raisons bien connues que nous n'allons pas énumérer ici. La géothermie suscite donc la controverse au niveau des savoirs scientifiques et technologiques.

Par ailleurs, en Guadeloupe, la géothermie fait parler d'elle au sein de la société en raison de la gestion de son industrie. Le principal actionnaire, EDF, s'est désengagé du projet en 2013, et malgré les tentatives d'expansion menées par le BRGM, également actionnaire, la centrale de Bouillante a été jugée déficitaire d'après le rapport de la Cour des comptes en 2015. L'absence d'entreprises françaises capables ou désireuses de racheter le site de Bouillante a conduit l'État français à la mettre en vente sur le marché international. Ainsi, la centrale a été rachetée en 2016 par une

entreprise israélo-américaine : Ormat Technologies. Cependant, les nombreuses recherches en Guadeloupe et dans les Antilles ont démontré leurs importants potentiels géothermiques capables de réduire leur dépendance énergétique. Enfin, EDF a inauguré une centrale au fioul en juin 2015, soit presque un an avant la vente de Géothermie Bouillante, et quelques mois après l'adoption de la loi sur la transition énergétique. Tous ces événements et ces constats ont évidemment suscités de nombreuses questions, et enseigner la géothermie en Guadeloupe en invoquant ces faits peut provoquer des débats.

Les questions économiques sont, par ailleurs, bien souvent des questions socialement vives (Legardez, 2004). La géothermie, dans son sens le plus général, constitue une question économique, parce qu'elle concerne l'énergie. Or, l'énergie, en France, est une question économique cruciale qui crée le débat. La France dépend surtout de ressources importées (hydrocarbures) et du nucléaire, qui génère désormais des coûts faramineux (vieillessement et démantèlement des centrales, gestions des déchets). Il se peut que ces questions relatives au nucléaire ou encore au stockage de déchets radioactifs, dans certaines régions ou départements de France, comme dans la Meuse ou en Alsace soit une question socialement vive. Au même titre, peut-être que la géothermie pourrait constituer une question socialement vive aux alentours de Bouillante. Cependant, nous n'observons pas de véritable changement des conceptions sur le sujet entre les deux enquêtes réalisées avant et après le rachat (la nôtre et celle de BVA). La question de la géothermie dans ce territoire ne semble donc pas être perçue comme une QSV au moment de notre enquête.

En ce qui concerne la Dominique, nous avons relevé des opinions vis-à-vis de cette ressource et technologie bien plus mitigées que dans les autres territoires, et cela, bien que la population en ait une bonne connaissance. Nous l'avons déjà abordé à plusieurs reprises, mais la géothermie en Dominique est connue pour posséder un tel potentiel qu'elle pourrait alimenter les îles voisines. De nombreuses campagnes de forages ont été menées, et les investissements pour le développement de cette ressource ne cessent d'agiter les médias locaux. En revanche, il n'existe pas de production d'énergie géothermique, malgré la présence d'un forage de production. Le projet semble stagner ou être abandonné et les populations en Dominique se questionnent et ne savent pas vraiment ce qui se passe. Il se peut que la question de la géothermie en Dominique soit plus vive qu'en Guadeloupe et soit ainsi considérée comme une question socialement vive dans ce territoire.

4.5. Les objets de contexte : importance des différentes dimensions dans la modélisation du contexte

La notion d'objet de contexte a été définie par De Lacaze (2015). Pour lui, et dans le domaine du développement durable, l'objet de contexte :

« n'est pas un objet physique, mais une caractéristique, un trait, une chose – que l'on peut qualifier d'homogène – estimés pertinents pour aborder, éclairer, interroger une question, un thème ou plus globalement une thématique liée au développement durable sur un territoire donné. Ces caractéristiques, traits ou choses peuvent relever des domaines de la géographie physique (l'insularité, le climat), de dimensions sociales et humaines, ou encore politiques, écologiques et économiques. Elles permettent aux éléments de l'identité du territoire d'interagir avec la question du DD » (p. 167).

Il ajoute que l'objet de contexte :

« serait un « contenu » du contexte intégré dans un ensemble plus vaste qui peut renvoyer à plusieurs types de contextes. Il serait alors une particule élémentaire qui prendrait du sens vis-à-vis d'un contexte local de par son expression dans un cadre particulier » (p. 169).

De Lacaze étudie des thématiques du développement durable et identifie des objets de contexte au sein même de ces thématiques. Elles sont issues des différents domaines d'intervention des partenaires du rectorat de Guadeloupe et en lien avec les thèmes de la DATAR (Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale). Par exemple, dans la thématique « Aménagement du territoire », il met en évidence les objets de contexte suivants :

- climat ;
- socioculturel, habitudes ;
- écologie, environnement ;
- économie ;
- éducation ;
- gouvernance, gestion ;
- institutionnel ;
- insularité ;
- social ;
- sociétal ;
- taille du territoire ;
- types d'espaces, de milieux.

Ces objets de contexte sont, selon les analyses de l'étude, les éléments qui interviennent dans la caractérisation de la thématique, en Guadeloupe.

Par exemple pour le dimensionnement des buses d'évacuation des eaux de pluie, la Guadeloupe est soumise à la réglementation française. Or, ces buses ne permettent pas l'évacuation des eaux des averses tropicales fréquentes sur le territoire. Dans le cadre de l'aménagement du territoire, il existe un décalage entre les climats de Guadeloupe et de métropole, alors que les contraintes institutionnelles sont identiques dans les deux territoires. Selon De Lacaze, le climat et les normes techniques institutionnelles, relatives à l'aménagement des chaussées, sont des objets de contexte.

Selon Odacre (2018), le régime fiscal de la Guadeloupe est un objet de contexte. En effet, ses recherches mettent en évidence le fait que, dans le cadre de l'enseignement des sciences de gestion en BTS, il existe un décalage entre les mécanismes et principes comptables de la TVA utilisés en Guadeloupe et ceux enseignés selon le modèle national, nécessaires pour passer l'examen. Il existe donc un décalage entre le régime fiscal (différent entre les deux territoires) et les contraintes institutionnelles d'examens (identiques dans les deux territoires).

Les objets de contextes peuvent générer des effets de contextes, ils sont les substrats de ces effets. Dans ces deux études, les effets de contextes sont le résultat d'un décalage entre les contextes métropolitain et guadeloupéen, sur des objets de contextes. Mais d'autres types d'effets de contexte existent. Dans le cas des grenouilles de l'étude de Fécil (2014), l'objet de contexte est la croissance de la grenouille ou son alimentation, en décalage entre la conception de l'élève et ce qu'il observe

d'une part, ou entre les réalités différentes de deux territoires (la Guadeloupe et Montréal) d'autre part. Les contextes en jeu dans ces situations sont différents. Le contexte interne et le contexte externe d'une part, et les contextes externes guadeloupéen et québécois de l'autre.

L'objet de contexte se caractérise selon deux dimensions : la nature de l'objet étudié et son champ de référence. Par exemple, nous allons parler de l'alimentation de la grenouille en Guadeloupe, de l'orientation de la lune en zone tropicale ou encore, du régime fiscal en Guadeloupe. L'effet de contextes apparaît lorsque les caractéristiques de l'objet étudié ou ses représentations sont différentes en fonction de deux contextes. Ainsi, il y a effet de contextes lorsqu'on s'intéresse au régime fiscal en Guadeloupe et en métropole, au climat en zone tropicale et en zone tempérée, à la géodynamique aux Antilles et au Canada, ou encore à la ressource géothermique en Guadeloupe et en Dominique. Le contexte, dans ces exemples, est perçu comme la zone géographique, mais les effets de contextes peuvent également apparaître lors d'une confrontation entre d'autres types de contextes comme le contexte interne et externe par exemple : l'orientation de la lune est un objet de contexte ayant généré l'apparition d'effets de contextes lors d'une confrontation entre contexte externe et contexte interne, tout comme pour le cas de la croissance de la grenouille. Il est possible d'imaginer que d'autres dimensions puissent caractériser l'effet de contexte, comme la dimension temporelle par exemple. Mais il est vrai que pour l'instant, la littérature contient surtout des exemples d'effets de contextes en lien avec des objets comparés sur l'échelle spatiale.

Dans le cadre de notre expérimentation mettant en collaboration des étudiants de Guadeloupe et de Montréal, nous avons observé des effets de contextes liés à des décalages ou à des écarts entre des éléments relatifs à la géothermie dans ces deux contextes. Ces éléments peuvent être apparentés à des objets de contextes qui sont par exemple, le climat, la géologie, ou encore l'hydrologie. Ces objets sont très différents entre les deux pays. Nous tentons, au travers de la figure 134, de représenter le caractère protéiforme des objets de contextes liés à la géothermie en Guadeloupe.



Figure 134 : Les objets de contexte de la géothermie en Guadeloupe

La figure ci-dessus illustre les différents objets qui ont une influence sur la géothermie en Guadeloupe. Ils peuvent être de différentes natures : géologiques, économiques, politiques et bien d'autres. Dans le cadre de notre expérimentation, les différences dans ces objets de contextes entre la Guadeloupe et un autre territoire peuvent générer un effet de contexte.

Finalement, ces objets de contexte sont des éléments qui peuvent être utilisés dans le cadre de la modélisation et de l'implémentation du Mazcalc. Et selon le tableau 108 (p. 274), ils peuvent être de différentes natures : variables ou non dans le temps et l'espace. Ils répondent également aux autres règles énoncées dans le chapitre relatif au Mazcalc, et à sa création (3.3.1.1. Le vocabulaire du Mazcalc, p. 181).

Les conceptions de la géothermie identifiées et caractérisées possèdent un noyau commun au sein de la société guadeloupéenne. En revanche, les différentes études réalisées, montrent des différences significatives de conceptions pour un même territoire. En effet, les conceptions recueillies dans des zones proches de la centrale de Bouillante possèdent des caractéristiques particulières. Dans les analyses effectuées sur les résultats de notre enquête, le lycée de Pointe-Noire se détache régulièrement. Dans l'étude de Mazabraud et Forissier (2010), les classes proches de la centrale répondent mieux aux questions de connaissances et possèdent un plus grand intérêt pour ce sujet. Ainsi, il semble pertinent de réussir à identifier des objets de contexte à l'échelle d'un territoire (la Guadeloupe) mais également à d'autres échelles, pour Bouillante par exemple ou pour les Antilles. Ainsi, le système des objets de contextes ne serait sans doute pas le même mais il pourrait néanmoins y avoir des éléments communs. On pourrait ainsi imaginer une classification, telle qu'elle se fait habituellement lors de l'analyse de phénomènes, selon trois échelles ou plus : macro, méso et micro.

La caractérisation des objets de contextes est multidimensionnelle. Les objets de contextes sont identifiables selon l'échelle spatiale à laquelle ils appartiennent. C'est-à-dire qu'ils peuvent être décrits à l'échelle d'une zone géographique : un territoire, par exemple la Guadeloupe, une zone géographique plus vaste, comme les Antilles, un pays (la France ou le Canada), mais ils peuvent également être décrits à une échelle plus petite comme celle d'une ville comme Bouillante par exemple, ou Roseau en Dominique.

Nos différentes études montrent que l'espace est une dimension indispensable pour la caractérisation des objets de contextes, mais il est possible d'imaginer que d'autres dimensions puissent entrer en jeu pour cela. Par exemple, la dimension temporelle pourrait constituer une manière de caractériser un objet de contexte. Imaginons un enseignement sur la colonisation. Ce dernier pourrait ne pas faire référence à la même période historique, selon qu'il soit fait dans deux territoires ayant été colonisés lors de périodes distantes. Ainsi, les différents facteurs seraient en décalage en raison des différences existantes dans ces zones géographiques mais également en raison des différences liées à l'époque.

4.6. Vers une typologie des effets de contextes

Les effets de contextes ont, dans un premier temps, été caractérisés comme émergeant lors de décalages entre d'une part, les prescrits (programmes, instructions officielles) et d'autre part,

l'environnement et les conceptions des élèves. Ils ont été définis comme se manifestant lors d'un décalage entre un objectif d'enseignement ou d'apprentissage et sa réalisation, lorsque ce décalage est attribuable aux différents contextes en présence dans le processus didactique (Delcroix et al., 2013).

Selon Forissier, l'effet de contexte « est la manifestation d'un décalage conceptuel en lien avec des contextes internes différents lors de l'interaction de deux acteurs (sujets porteurs de conceptions) d'une situation didactique » (Forissier, 2015).

Ces définitions de l'effet de contextes sont en accord avec notre conception du phénomène, en revanche, elles paraissent trop restrictives : l'une considère un décalage entre prescrits et contextes alors que l'autre considère un décalage entre les conceptions de deux acteurs.

Notre étude de littérature sur les différents effets de contextes existants et relatés nous permet de formuler une caractéristique qui est présente dans tous les cas. Toutes ces études se passent en contexte didactique (investigation, évaluation, enseignement, recueil de conceptions dans le cadre d'études didactiques) et comme nous l'avons déjà signalé, c'est la notion de décalage qui revient à chaque fois. L'effet de contexte peut survenir lorsqu'il y a un décalage entre deux contextes (les contextes en jeu peuvent être de différentes natures).

- Il peut s'agir d'un décalage entre un environnement ou un contexte externe et une conception ou un contexte interne : l'exemple de la lune dans l'étude de Forissier illustre ce type d'effet, tout comme l'exemple de Fécil sur la croissance de la grenouille.
- Il peut s'agir d'un décalage entre les contextes internes de deux acteurs (enseignant/élève, ou encore, élève/élève).

Les effets de contextes qui apparaissent lors de décalages entre le contexte guadeloupéen d'application de réglementation, et le contexte de création de réglementations ou programmes scolaires (comme pour l'exemple de la TVA et les buses d'évacuation d'eaux de pluie), ne rentrent dans aucune de ces deux catégories. Il s'agit alors peut-être plutôt d'un décalage entre deux contextes externes.

L'expérimentation menée se concentre sur l'analyse d'effets de contextes émergeant lors de décalages entre les contextes internes d'apprenants. Dans cette expérimentation, la situation didactique d'émergence d'effets de contextes consiste en une interaction entre des étudiants travaillant en collaboration sur un sujet commun. Cette approche expérimentale nous amène à nous intéresser aux théories existantes sur les apprentissages collaboratifs. Les travaux de Baker et al. (1999) s'intéressent aux interactions lors de collaborations entre étudiants. Ils associent les apprentissages dans de telles situations à des phases de « *grounding* ». Ces phases consistent en une manifestation, par les acteurs, du degré de compréhension mutuelle. Il s'agit de phases de compréhension partagée entre deux acteurs d'une interaction. Selon ces auteurs, la phase de « *grounding* » est l'aboutissement d'une série de différentes phases, dont la première serait le « *common ground* » ou le terrain d'entente. Afin d'entrer dans une phase de collaboration, les auteurs soulignent la nécessité d'éléments communs (consigne commune ou connaissances communes). Ce terrain d'entente peut être suivi d'une alternance de collaborations, d'accords et de désaccords, menant à la phase de « *grounding* ».

Baker et al. (1999) associent le « *grounding* » à la collaboration. Ils citent une définition de la collaboration de Roschelle et Teasley (1995), largement acceptée dans le domaine, comme une activité coordonnée et synchronisée qui résulte d'une tentative continue de construire une conception partagée d'un problème. Cette définition, selon eux, correspond à celle du « *grounding* » mais serait trop restrictive. Ils soulignent que bien que les termes soient très proches, la collaboration nécessite un *grounding*. Le *grounding* est une forme de collaboration et il peut exister d'autres formes de collaborations telles que la concurrence, par exemple, dans laquelle le « *grounding* » peut ne pas intervenir.

Selon Clark et Schaefer (1989), la phase de « *grounding* » peut être générée par une réparation des troubles. La réparation est décrite selon différentes situations : une mise en évidence d'un trouble dans la compréhension ; une mise en évidence de la compréhension, ou une présentation (ou explicitation) suivie d'une acceptation.

Les effets de contextes recensés et analysés ont permis d'établir une description commune de ces phénomènes. Cette description se décompose en trois phases chronologiques (avant l'effet, pendant l'effet et après l'effet). Bien que l'analyse réalisée décrive essentiellement le moment précis de l'émergence de l'effet de contextes, la phase « pendant », il est également important de décrire l'avant, afin de comprendre pourquoi et comment l'effet de contexte apparaît, et l'après, afin de comprendre la manière dont celui-ci est géré dans l'interaction.

Les travaux de Baker cités en amont nous incitent à associer l'effet de contexte au « *grounding* ». La phase « après effet », selon la manière dont l'effet est géré dans l'interaction après son émergence, peut, selon nous, s'apparenter au « *grounding* », si les locuteurs tentent de trouver un terrain d'entente (figure 135).

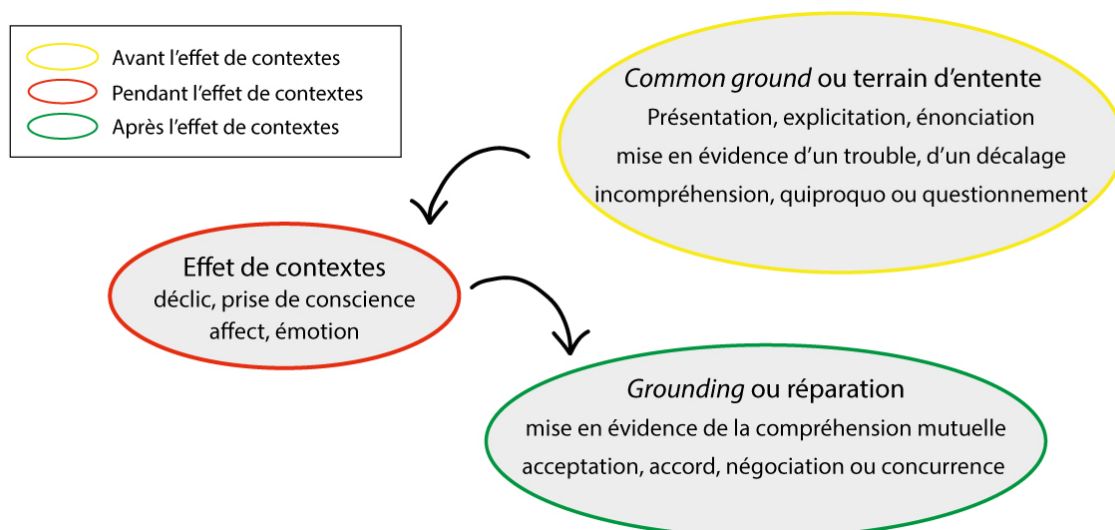


Figure 135 : Les trois phases de l'effet de contexte

Notre corpus de vidéos, constitué de six enregistrements, comporte quatre vidéos avec des effets de contextes (les vidéos des équipes A et C, la deuxième vidéo de l'équipe D et la vidéo de l'équipe E). L'analyse de ces vidéos se trouve dans le chapitre 3-5-2- Résultats de l'analyse des vidéos d'échanges entre les équipes homologues (p. 226).

En général, l'effet de contextes apparaît suite à une phase d'incompréhension mutuelle entre les acteurs ou entre les équipes. Il peut également apparaître après une simple présentation ou explication d'un ou de plusieurs locuteurs, ou après un questionnement. Cette phase de genèse de l'effet de contextes est encore assez floue et difficilement descriptible, car nos vidéos montrent des phénomènes explicatifs de la survenue de l'effet de contexte assez variés. Les vidéos des équipes C et D présentent toutes deux de longues phases d'incompréhension entre les équipes homologues. Pour l'équipe C, les étudiantes de Guadeloupe ne comprennent pas que l'équipe de Montréal cherche à utiliser de l'eau froide d'un lac pour refroidir une salle de serveurs, ce qui oblige les étudiants de Montréal à répéter plusieurs fois l'explication. Pour la vidéo de l'équipe D, c'est également une incompréhension sur les travaux réalisés des deux côtés, qui persiste pendant une longue période, amenant plusieurs séquences de désaccords et d'émotions variées.

Pour les vidéos des équipes A et E, la phase de genèse de l'effet comporte simplement des présentations et explications, soit relatives au travail réalisé ou en cours, soit aux contextes géothermiques. Par exemple, lorsque les étudiantes de l'équipe A de Guadeloupe déclarent aux étudiants de Montréal qu'elles ont visité la centrale géothermique de Bouillante, ou lorsque les étudiantes de l'équipe E de Guadeloupe expliquent les résultats de leurs recherches sur les sources chaudes en Guadeloupe.

Au moment de l'émergence de l'effet, la phase « pendant », nous décrivons l'interaction selon trois dimensions :

- le verbal : le contenu de l'interaction, les verbatim ou encore la sémantique ;
- le para-verbal : les bruits et sons, le ton, le débit de paroles et la fréquence des échanges ;
- le non verbal : les expressions faciales et les changements de posture et les gestes.

L'interprétation de ces trois éléments combinés peut permettre d'identifier des émotions. Ces émotions peuvent être décrites selon leur intensité (émotion plus ou moins forte), selon leur valence (émotion positive telle que de la joie, de l'optimisme ou négatives comme le mépris ou la déception), selon leur durée, et selon le nombre d'acteurs qu'elles touchent. Il peut y avoir une diffusion de l'émotion vers les différents acteurs de l'interaction.

Par exemple, pour l'effet de contexte de l'équipe C relatif aux contextes hydrogéologiques des deux régions, les changements d'expressions faciales et les rires ont permis d'identifier l'émotion « joie » d'intensité forte et de valence positive. L'émotion est partagée au sein de tous les locuteurs à des intensités plus ou moins fortes selon les locuteurs.

Trois des vidéos analysées comportent une phase de réparation, que nous appelons selon Clark et Schaefer (1989) et Baker et al. (1999), la phase de « *grounding* ». Il s'agit de la vidéo des équipes C, de la deuxième vidéo des équipes D et de la vidéo des équipes E.

Pour la vidéo de l'équipe C, l'effet de contexte lié à la mise en évidence de l'écart dans les contextes hydrogéologiques des deux régions, a permis, tout d'abord, une compréhension mutuelle des deux

contextes par les deux équipes, suivie d'une phase d'acceptation et de proposition d'un terrain d'entente : « Ouais béh on va se renseigner en tout cas, mais je pense que on peut appliquer. » (GC1)

Pour la vidéo de l'équipe D, les effets de contextes générés par l'incompréhension entre les deux équipes, liée aux différences de géothermies, de géologies et d'approches pédagogiques, sont suivis de moments de désaccords et de négociations. Ce n'est qu'à la fin de la vidéo qu'une acceptation et qu'un terrain d'entente est proposé : « Alors on va essayer de voir sur le site que vous nous avez envoyé si il a des choses qui ont été faites au Québec dessus ou bien au Canada » (MD1).

Enfin pour la vidéo de l'équipe E, la mise en évidence des écarts d'approches pédagogiques se fait dès le début de l'échange, la phase de réparation se met, quant à elle, en place à la fin de l'échange, avec une proposition de l'équipe de Montréal de s'adapter sur l'investigation à mener : « Là on a fait le test avec le cuivre, mais on pourrait chercher dans les théories pour avoir d'autre contaminants pi voir leur effets. » (ME2)

4.7. Modélisation de contextes externes *versus* modélisation de contextes internes

Comme nous l'avons expliqué, il n'est pas possible de décrire de manière complète une conception. En effet, les conceptions sont des systèmes beaucoup trop complexes et le cadre de recueil des conceptions peut influencer les déclarations des sujets interrogés. Par exemple, le contexte de passation de questionnaire, qui se fait dans un cadre didactique, peut influencer la réponse du sujet interrogé, lequel voudra tenter de répondre à un contrat didactique et ainsi ne pas déclarer sa pensée réelle. Pour cette raison, les prédictions du Mazcalc sont basées sur l'hypothèse que les conceptions sont contextuelles, qu'elles sont construites dans le contexte de vie du sujet, et donc en lien avec le contexte de l'objet étudié. Cependant, nous avons également observé dans la littérature que les conceptions d'un objet d'étude peuvent être en décalage avec le contexte dans lequel le dit objet est étudié. Par exemple, les conceptions que possèdent des étudiants sur l'orientation de la lune en contexte guadeloupéen sont différentes de la réalité observable en Guadeloupe (Forissier, 2015).

Le questionnement initial de la thèse relatif à la réflexion sur une éducation à la géothermie en contexte guadeloupéen trouve une première piste de réponse dans la prise en compte des conceptions initiales d'apprenants. Les conceptions de la géothermie aux Antilles, en Guadeloupe et au Canada sont fortement influencées par le contexte géographique. Des différences notables existent dans ces conceptions en fonction du territoire dans lequel elles sont étudiées (Guadeloupe *versus* Canada), en fonction du territoire d'une même zone géographique (Guadeloupe *versus* Martinique ou Dominique) et également au sein du même territoire (zone proche de Bouillante *versus* autre zone de la Guadeloupe). Globalement, les conceptions en Guadeloupe peuvent également être influencées par le contexte institutionnel français. En Guadeloupe, les textes de lois, les programmes scolaires, les normes, les prescrits institutionnels, mais également bon nombre de références diverses sont appliqués et utilisés alors qu'ils sont en décalage complet avec la réalité du territoire. Une nouvelle piste de réflexion s'offre alors à nous : comment identifier une conception qui sera alternative au contexte de l'objet ? Et comment utiliser cette conception dans le cadre d'un enseignement ?

Conclusion

La question de l'éducation à la géothermie est une idée relativement récente. Mais qu'en est-il vraiment de l'adaptation des systèmes éducatifs face aux changements des mentalités et des comportements liés à l'écologie et à la préservation de la planète ? Actuellement, il n'existe pas un jour, où nous n'entendons pas parler de problèmes liés à l'environnement, au changement climatique, à la gestion des déchets ou encore à la surconsommation. Cet enthousiasme général envers ces sujets questionne sur la préparation des futures générations face à ces préoccupations modernes. L'éducation au développement durable ainsi que l'enseignement des questions socialement vives, par exemple, peuvent constituer des outils de recherche sur la didactique de la géothermie.

Mon intérêt personnel pour cette question est né, tout d'abord, d'un sentiment d'inconfort vis-à-vis de la gestion des ressources et de la dégradation de l'environnement aux Antilles. Les quelques séjours que j'ai effectués dans ces îles m'ont permis de me rendre compte que les conceptions que je possédais de ces lieux étaient quelque peu en décalage avec la situation véritable de ces territoires. L'image de la plage paradisiaque, de la mer turquoise ou encore des forêts luxuriantes et du dépaysement, a vite été remplacée par le constat malheureux d'une gestion compliquée de l'environnement dans ces îles.

L'association de mon cursus universitaire en géologie, de mon sentiment de désarroi vis-à-vis des comportements et pratiques liés à l'environnement et de mon désir de participer, à mon échelle, à l'amélioration de la qualité de vie dans ces territoires, m'a permis tout naturellement de m'intéresser spécifiquement à la géothermie. Par ailleurs, la découverte, à posteriori, des enjeux politiques entourant cette énergie en Guadeloupe, en Dominique et aux Antilles m'a confortée dans l'idée d'un potentiel économique et écologique fondamental pour ces territoires. Mais la question sociale et humaine d'un tel développement est cruciale pour son acceptation. Et c'est finalement sur ce point que s'est axée ma recherche.

Mes connaissances en géologie et la formation reçue en temps qu'étudiante en école d'ingénieurs m'ont fourni les compétences pour le travail en entreprise et en bureau d'étude. Mes stages en laboratoire en Australie ont développé mon intérêt pour la recherche, enfin, mon expérience professionnelle, acquise avant l'entrée en thèse, en tant que chef de projet, a complété ma qualification en gestion et management. Bien que les sciences sociales et humaines ne fassent pas vraiment partie de mon champ d'expertise avant ma thèse, il me paraissait important de me familiariser avec ce domaine. En effet, le changement des mentalités et la prise de conscience de l'impact de l'organisation de notre société sur la planète passent nécessairement par l'éducation qui constitue les fondations de la société du futur. Ainsi, mon axe de recherche tente de conjuguer les sciences avec l'éducation, la société et le développement durable.

Ma thèse permet de confirmer les relations entre conceptions et environnement à différentes échelles spatiales. Les différences existantes dans les conceptions d'apprenants sur le sujet de la géothermie sont identifiées à l'échelle intercontinentale (entre le Québec et la Guadeloupe), à l'échelle de l'arc antillais (entre la Guadeloupe, la Martinique et la Dominique), et également à l'échelle du territoire (entre les zones proches de la centrale de Bouillante et les autres zones de Guadeloupe). Les analyses effectuées permettent aussi de mettre en évidence des structures de

représentations différentes selon les territoires. En Guadeloupe, il existe des représentations communes et relativement stables au sein de la population, alors qu'en Dominique la controverse autour de la question de la géothermie permet de l'associer à une question socialement vive. Ainsi, une éducation à ce concept, selon les territoires, pourrait ne pas être pensée de la même manière.

Les constats susmentionnés m'ont permis de m'intéresser de plus près au champ de la contextualisation didactique, dans la continuité des travaux du CRREF. Ma thèse permet d'expérimenter une pédagogie prenant en compte la diversité des contextes et conceptions sur la géothermie. Elle est basée sur les effets de contextes. L'analyse de l'expérimentation fournit ainsi des données et des résultats quant à ces phénomènes d'effets de contextes et tente de les redéfinir en décrivant leur genèse, leur émergence et leur impact. Ces effets sont décrits selon la littérature et les résultats, comme survenant lors de décalages entre le contexte interne d'un apprenant d'une part, et soit son contexte externe, soit le contexte interne d'un autre acteur d'autre part. Mais ils semblent parfois pouvoir être issus de processus bien plus complexes. Ils pourraient sans doute être étudiés en considérant l'intégration de plus de deux contextes.

Une éducation à la géothermie en contexte guadeloupéen ou ailleurs nécessite d'être construite en tenant compte des conceptions préalables des apprenants, du contexte local du territoire afin d'être authentique, mais elle peut aussi être pensée en fonction de la structure des représentations sociales dans le territoire. Pour ce faire, les enseignements basés sur les effets de contextes peuvent être utilisés. En effet, la confrontation des apprenants à divers contextes semble permettre l'acquisition de connaissances multi-contextuelles et plus expertes. Par ailleurs, la Guadeloupe est un territoire très propice aux effets de contextes, étant donné sa situation institutionnelle. La création de pédagogies innovantes basées sur les contextes, et favorisant l'émergence de processus cognitifs propices à l'acquisition des connaissances y est donc bien légitimée. Enfin, il serait sans doute intéressant d'associer à cette approche, basée sur les effets de contextes, des pédagogies liées aux questions socialement vives.

Ma thèse propose également une réflexion sur le Mazcalc en émettant l'hypothèse que cet outil, qui fournit des pistes aux enseignants pour la création de scénarios pédagogiques, pourrait se munir de spécificités supplémentaires d'ordre social. Il pourrait permettre de rapprocher des enseignants afin de leur permettre de collaborer, en fonction d'un objet d'enseignement commun, et en prenant en compte diverses contraintes (niveau des élèves, compétences à acquérir, localisation géographique, culture locale). Ce système s'inspirerait, par exemple, des technologies qui existent dans le développement des sites de rencontre. Le Mazcalc pourrait également contenir un outil de scénarisation collaborative, c'est d'ailleurs une des ambitions du projet TEEC. Cela faciliterait la création commune de scénarios, mais permettrait aussi de les garder en mémoire, de manière à alimenter une base de données contenant des scénarios pédagogiques déjà mis en place, et pouvant être réutilisés par d'autres enseignants.

Finalement, ma thèse alimente les connaissances sur l'éducation à la géothermie, mais constitue aussi un support social pouvant permettre d'expliquer l'acceptabilité sociale.

Ce travail m'a permis de me familiariser avec le champ disciplinaire des sciences humaines et j'espère, grâce à cela, posséder un bagage qui me permettra de participer au développement des énergies renouvelables et à la préservation de l'environnement aux Antilles et ailleurs.

Références bibliographiques

- Abowd, G. D., Dey, A. K., Brown, P. J., Davies, N., Smith, M. et Steggle, P. (1999). *Towards a better understanding of context and context-awareness*. Communication présentée International symposium on handheld and ubiquitous computing.
- Abric, J.-C. (2001). L'approche structurale des représentations sociales: développements récents. *Psychologie et société*, 4(2), 81-104.
- Abric, J.-C. (2005). La recherche du noyau central et de la zone muette des représentations sociales (*Méthodes d'étude des représentations sociales* (p. 59-80): Érès.
- Abric, J.-C. et Guimelli, C. (1998). Représentations sociales et effets de contexte. *Connexions*, 72(2), 23-38.
- Acioly-Regnier, N. et Regnier, J.-C. (2005). *Repérage d'obstacles didactiques et socioculturels au travers de l'ASI des données issues d'un questionnaire*. Communication présentée Troisième Rencontre Internationale ASI, Analyse Statistique Implicative.
- ADEME. (2015). La géothermie en île de France, la chaleur de la Terre. Repéré à <https://ile-de-france.ademe.fr/sites/.../files/files/.../plaquette-geothermie-juin-2015.pdf>
- ADEME et BRGM. Géothermie perspectives. Repéré à <http://www.geothermie-perspectives.fr>
- Albe, V. (2009). Enseigner des controverses. *Lectures, Les livres*.
- Albe, V. et Simonneaux, L. (2002). L'enseignement des questions scientifiques socialement vives dans l'enseignement agricole: Quelles sont les intentions des enseignants? *Aster*, 2002, 34" *Sciences, techniques et pratiques professionnelles*".
- Allègre, C. (1987). *Les fureurs de la Terre*. Odile Jacob.
- Anciaux, F. (2013). *Alternances et mélanges codiques dans les interactions didactiques aux Antilles et en Guyane françaises*. (Université des Antilles-Guyane). Repéré à <https://hal.univ-antilles.fr/tel-01612728>
- Aronson, E. (1978). The jigsaw classroom. Repéré à <https://www.jigsaw.org>
- Astolfi, J.-P., Darot, E. et Ginsburger-Vogel, Y. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences: repères, définitions, bibliographies*. De Boeck Supérieur.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris: Vrin.
- Bachelard, G. (1953). *Le matérialisme rationnel*. Paris: PUF.
- Bachelard, G. (1972). *L'engagement rationaliste*. Paris: PUF.
- Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma*(38), 6-39.
- Bacon, F. (1620). *Novum Organum*.
- Baker, M., Andriessen, J., Lund, K., Van Amelsvoort, M. et Quignard, M. (2007). Rainbow: a framework for analyzing computer-mediated pedagogical debates. *International Journal of*

- Computer-Supported Collaborative Learning*, 2(2-3), 315-357. doi: 10.1007/s11412-007-9022-4
- Baker, M., Détienne, F., Lund, K. et Séjourné, A. (2009). Étude des profils interactifs dans une situation de conception collective en architecture: Press Universitaires de Nancy.
- Baker, M., Hansen, T., Joiner, R. et Traum, D. (1999). The role of grounding in collaborative learning tasks. *Collaborative learning: Cognitive and computational approaches*, 31, 63.
- Balacheff, N. (1995, 1995). *Conception, connaissance et concept*. Communication présentée Séminaire de l'équipe DidaTech, IMAG, Grenoble, France. Repéré à <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01072247>
- Barbier, J.-M. (2018). Affects, émotions, sentiments : quelles différences ? Repéré à <https://theconversation.com/affects-emotions-sentiments-quelles-differences-92768>
- Barthes, A., Alpe, Y. et Lange, J.-M. (2016). *Utiliser les représentations sociales en éducation*. Paris: L'Harmattan.
- Bazire, M. et Brézillon, P. (2005). Understanding Context Before Using It. Dans A. Dey, B. Kokinov, D. Leake & R. Turner (dir.), *Modeling and Using Context: 5th International and Interdisciplinary Conference, CONTEXT 2005, Paris, France, July 5-8, 2005. Proceedings* (p. 29-40). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Bennett, J. (2005). *Bringing science to life: The research evidence on teaching science in context*. University of York, Department of Educational Studies.
- Bernard, C. (1865). *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Baillière.
- Blanchet, P., Moore, D. et Asselah Rahal, S. (2009). Perspectives pour une didactique des langues contextualisée. *The Modern Language Journal*, 93(2).
- Bourdeau, J. (2017). *The DBR methodology for the study of context in learning*. Communication présentée International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context.
- Bressoux, P. et Pansu, P. (2001). Effet de contexte, valeur d'intériorité et jugement scolaire. *L'orientation scolaire et professionnelle*, 30(1). doi: 10.4000/osp.5133
- Brézillon, P. (2003). *Context-based intelligent assistant systems: A discussion based on the analysis of two projects*. Communication présentée System Sciences, 2003. Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on.
- Brousseau, G. (1980). L'échec et le contrat. *Recherches*, 41, 177-182.
- Brousseau, G. (1984). *Le rôle central du contrat didactique dans l'analyse et la construction des situations d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques*. Communication présentée Actes de la 3e école d'été de didactique des mathématiques.
- Bruner, J. S. (1996). *The culture of education*. Harvard University Press.
- Brunet, P. (1998). Enseigner et apprendre par problèmes scientifiques dans les sciences de la vie et de la question. *Aster*, 27("Thèmes, thèses, tendances").
- Buffon, G.-L. (1769). *Histoire Naturelle* Paris.

- BVA Group. (2014). Evaluation des représentations cognitives de la population de la Guadeloupe, de la Martinique et de la Dominique vis-à-vis de la géothermie et des ENR.
- Cariou, J.-Y. (2002). La formation de l'esprit scientifique - trois axes théoriques, un outil pratique : DiPHTeRIC., 37.
- Cariou, J.-Y. (2015). Une démarche d'investigation contextualisée comme levier pour l'apprentissage de concepts scientifiques universels. Dans A. Delcroix, J.-Y. Cariou, H. Ferriere & B. Jeannot-Fourcaud (dir.), *Apprentissages, éducation, socialisation et contextualisation didactique : Approches plurielles* (p. 135-160): L'Harmattan.
- Castellotti, V. et Moore, D. (2009). Dessins d'enfants et constructions plurilingues. Territoires imagés et parcours imaginés.
- Chang, C.-Y. (2001). Comparing the impacts of a problem-based computer-assisted instruction and the direct-interactive teaching method on student science achievement. *Journal of Science Education and Technology*, 10(2), 147-153.
- Chevalier, C. (1875). *Géologie contemporaine*. Tours, Marne.
- Clark, H. H. et Schaefer, E. F. (1989). Contributing to discourse. *Cognitive science*, 13(2), 259-294.
- Clément, P. (1991). Sur la persistance d'une conception: la tuyauterie continue digestion-excrétion. *Aster*, " Respirer, digérer: assimilent-ils?", 13.
- Clément, P. (1998). La biologie et sa didactique, dix ans de recherche. *Aster*, 1998, 27" *Thèmes, thèses, tendances*".
- Clément, P. (2010). Conceptions, représentations sociales et modèle KVP. *Skholê : cahiers de la recherche et du développement*, 16, 55 - 70.
- Closset, J.-L. (2002). La didactique des sciences: ses acquis, ses questions. *Université de Liège: Cahiers du Service de Pédagogie expérimentale*, 9(10), 101-111.
- Çoker, B., Çatlıoğlu, H. et Birgin, O. (2010). Conceptions of students about renewable energy sources: a need to teach based on contextual approaches. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 1488-1492.
- Coquidé, M. (1998). Les pratiques expérimentales: propos d'enseignants et conceptions officielles. *Aster*, 1998, 26" *L'enseignement scientifique vu par les enseignants*".
- Cosnier, J. et Brossard, A. (1984). *La communication non verbale*.
- Cosnier, J. et Vaysse, J. (1997). Sémiotique des gestes communicatifs. *Nouveaux actes sémiotiques*(52-54), 7-28.
- Courtillot, V., Davaille, A., Besse, J. et Stock, J. (2003). Three distinct types of hotspots in the Earth's mantle. *Earth and Planetary Science Letters*, 205(3-4), 295-308.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *psychometrika*, 16(3), 297-334.
- De Lacaze, T. (2015). *Contextualisation de l'éducation au développement durable en Guadeloupe : conceptions d'acteurs socioéconomiques, d'élèves de cycle 3 et pratiques enseignantes*. (Université des Antilles).

- Delcroix, A., Cariou, J.-Y., Ferriere, H. et Jeannot-Fourcaud, B. (2015). *Apprentissages, éducation, socialisation et contextualisation didactique: approches plurielles*. L'Harmattan.
- Delcroix, A., Forissier, T. et Anciaux, F. (2013). Vers un cadre d'analyse opérationnel des phénomènes de contextualisation didactique. Dans F. Anciaux, T. Forissier & L. F. Prudent (dir.), *Contextualisation didactiques : Approches théoriques* (p. 141-188): L'Harmattan.
- Dercourt, J. et Paquet, J. (2002). *Géologie, objets et méthodes* (11^e éd.). Paris Dunod.
- Dercourt, J., Paquet, J., Thomas, P. et Langlois, C. (2006). *Géologie: objets, méthodes et modèles*. Dunod.
- Develay, M. (1989). Sur la méthode expérimentale.
- Dey, A. K., Abowd, G. D. et Salber, D. (2001). A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-Computer Interaction*, 16(2-4), 97-166.
- Dickson, M. H. et Fanelli, M. (2004). What is Geothermal Energy? Repéré le 07/08/2017 à http://www.unionegeotermica.it/what_is_geothermal_en.html
- Dixit, C. (2014). *Etude physico-chimique des fluides produits par la centrale géothermique de Bouillante (Guadeloupe) et des dépôts susceptibles de se former au cours de leur refroidissement*. (Antilles-Guyane).
- Doise, W. (1993). *Logiques sociales dans le raisonnement*. Delachaux et Niestlé.
- Dove, J. E. (1998). Students' alternative conceptions in Earth science: A review of research and implications for teaching and learning. *Research Papers in Education*, 13(2), 183-201.
- Duit, R. (1999). Conceptual Change Approaches in Science Education. Dans W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (dir.), *New Perspectives on Conceptual Change* (p. 263-282). Amsterdam: Pergamon Press.
- Durkheim, E., Debesse, M. et Fauconnet, P. (1968). *Éducation et sociologie*. Presses universitaires de France Quadrige, Paris.
- Duru-Bellat, M. et Mingat, A. (1988). Le déroulement de la scolarité au collège: le contexte " fait des différences". *Revue française de sociologie*, 649-666.
- Ekman, P. (1999). Basic emotions. *Handbook of cognition and emotion*, 45-60.
- Endre, D. (1986). La place de l'histoire de la géologie dans les Sciences de la Terre. *Travaux du comité français d'histoire de la géologie, Deuxième série*
- Fécil, S. (2014). *Construire un enseignement en tenant compte des effets de contexte*. Document inédit.
- Forissier, T. (2003). *Les valeurs implicites dans l'éducation à l'environnement : analyse de la formation d'enseignants de SVT (Sciences de la Vie et de la Terre) et des conceptions de futurs enseignants français, allemands et portugais*. (Lyon 1).
- Forissier, T. (2015). Conceptions d'étudiants scientifiques de Guadeloupe sur l'observation de l'orientation de la lune et des saisons climatiques. Dans A. Delcroix, J.-Y. Cariou, H. Ferriere & B. Jeannot-Fourcaud (dir.), *Apprentissages, éducation, socialisation et contextualisation didactique: approches plurielles*: L'Harmattan.

- Forissier, T., Bourdeau, J., Mazabraud, Y. et Nkambou, R. (2013). Modeling Context Effects in Science Learning: The CLASH Model. Dans P. Brézillon, P. Blackburn & R. Dapoigny (dir.), *Modeling and Using Context: 8th International and Interdisciplinary Conference, CONTEXT 2013, Annecy, France, October 28 -31, 2013, Proceedings* (p. 330-335). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Forissier, T., Bourdeau, J., Mazabraud, Y. et Nkambou, R. (2014). Computing the context effect for science learning. Dans P. Brézillon & A. J. Gonzalez (dir.), *Context in Computing* (p. 255-269). New York: Springer.
- Francek, M. (2013). A Compilation and Review of over 500 Geoscience Misconceptions. *International Journal of Science Education*, 35(1), 31-64. doi: 10.1080/09500693.2012.736644
- Gautier, C., Deutsch, K. et Rebich, S. (2006). Misconceptions about the greenhouse effect. *Journal of Geoscience Education*, 54(3), 386-395.
- Gegenfurtner, K. R., Bloj, M. et Toscani, M. (2015). The many colours of 'the dress'. *Current Biology*, 25(13), R543-R544.
- George, S., Prévôt, P., Amghar, Y. et Pierson, J.-M. (2004). *Complexité des situations pédagogiques e-learning dans un contexte multi-culturel, collaboratif et synchrone*. Communication présentée Conférence TICE Méditerranée.
- Giordan, A. (1976). *Rien ne sert de courir, il faut partir à point*. (Thèse (Paris V et Paris VII)).
- Giordan, A. (1978). *Une pédagogie pour les sciences expérimentales*. Le Centurion/Formation.
- Giordan, A. (1999). Une didactique pour les sciences expérimentales. *Guide Belin de l'enseignement*, Belin.
- Giordan, A. (2013). Du choc culturel au choc de l'école : Quels outils et ressources pour l'enseignant ? Dans F. Anciaux, T. Forissier & L. F. Prudent (dir.), *Contextualisation didactiques : Approches théoriques*: l'Harmattan.
- Giordan, A. et de Vecchi, G. (1990). *Les Origines du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*.
- Giordan, A. et Martinand, J.-L. (1988). *Etat des recherches sur les conceptions des apprenants à propos de la biologie*. Communication présentée Annales de didactique des sciences.
- Girault, Y. et Lhoste, Y. (2010). Opinions et savoirs: positionnements épistémologiques et questions didactiques. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*(1), 29-66.
- Giusti, C. (2002). *En Aigoual: la rencontre du Centralien et du Polytechnicien. De l'intérêt du péritexte en histoire des géosciences*. Communication présentée Dix huitième colloque des Archives d'Agde.
- Gohau, G. (2008). Les théories de la Terre. Dans D. Fievet & D. Boclet (dir.): CNRS.
- Gouanelle, C. et Schneeberger, P. (1995). Enseigner les fossiles à l'école élémentaire.
- Hallden, O. (1999). Conceptual change and contextualisation. Dans W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Carretero (dir.), *New Perspectives on Conceptual Change* (p. 53-65). Amsterdam: Pergamon Press.

- Happs, J. C. (1983). Using socio-cognitive conflict to establish an understanding of the scientific meaning of rock. *Research in Science Education*, 13(1), 61-71.
- Harlen, W. (2013). *Évaluation et pédagogie d'investigation dans l'enseignement scientifique: De la politique à la pratique*. Trieste: IAP Global Network of Science Academies.
- Hoyos, J. R., García-Molina, J. et Botía, J. A. (2010). MLContext: a context-modeling language for context-aware systems. *Electronic Communications of the EASST*, 28.
- Jaud, P. et Lamethe, D. (1985). Les installations géothermiques de Bouillante. *La Houille Blanche*(3-4), 347-352.
- Jeziorski, A. et Ludwig-Legardez, A. (2013). L'éducation au développement durable, la difficulté de concevoir une action éducative interdisciplinaire. *Revue francophone du développement durable*, 1, 59-74.
- Jodelet, D. (2003). 1. Représentations sociales: un domaine en expansion (*Les représentations sociales* (Vol. 7, p. 45-78): Presses Universitaires de France.
- Johsua, S. (1998). Des «savoirs» et de leur étude: vers un cadre de réflexion pour l'approche didactique,(pp. 1-15). *L'année de la recherche en sciences de l'éducation*. Paris: PUF.
- Kępińska, B. et Kasztelewicz, A. (2015). Public Perception of Geothermal Energy in Selected European Countries. *Europe*, 54(5,520), 44.62.
- Kerneis, J. (2007). *Introduction à la didactique*. Communication présentée Didactique et culture informationnelles: de quoi parlons-nous?(Séminaire du GRCDI).
- King, C. (2001). The response of teachers to new subject areas in a national science curriculum: The case of the earth science component. *Science education*, 85(6), 636-664.
- King, C. (2008). Geoscience education: an overview. *Studies in Science Education*, 44(2), 187-222.
- King, C., Fleming, A., Kennett, P. et Thompson, D. (2003). Can you believe everything you read? What some science textbooks say about Earth Science. *Teaching Earth Sciences*, 28(2), 8-13.
- King, C., Fleming, A., Kennett, P. et Thompson, D. (2005). How effectively do science textbooks teach earth science? *School Science Review*, 86(318), 95.
- King, D. (2012). New perspectives on context-based chemistry education: Using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), 51-87.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kuhn, T. S. et Meyer, L. (1983). La structure des révolutions scientifiques.
- Laplaige, P., Durimel, H. et Mompelat, J.-M. (2013). Développement de la géothermie dans la Caraïbe. *Geosciences*(16), 26-35.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge University Press.
- Lave, J. (2009). The practice of learning. *Contemporary theories of learning: Learning theorists... in their own words*, 200-208.

- Leather, A. (1987). Views of the nature and origin of earthquakes and oil held by eleven to seventeen year olds: *Geology teaching*, v. 12.
- Lebart, L., Morineau, A. et Piron, M. (1995). *Statistique exploratoire multidimensionnelle*. Dunod Paris.
- Lederman, N. G. (2006). *Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future*. Communication présentée Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching.
- Legardez, A. (2004). L'utilisation de l'analyse des représentations sociales dans une perspective didactique: l'exemple de questions économiques. *Revue des sciences de l'éducation*, 30(3), 647-665.
- Lillo, J. (1994). An analysis of the annotated drawings of the internal structure of the Earth made by students aged 10–15 from primary and secondary schools in Spain. *Teaching Earth Sciences*, 19(3), 83-87.
- Lovelock, J. E. et Margulis, L. (1974). Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: the Gaia hypothesis. *Tellus*, 26(1-2), 2-10.
- Lukawski, M., Tester, J. W., Bendall, B., Goldstein, B., Hiriart, G., Gutierrez-Negrin, L., . . . Muraoka, H. (2017). Geothermal Energy, Nature, Use, and Expectations. Dans R. A. Meyers (dir.), *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology* (p. 1-13). New York, NY: Springer New York.
- Malo, F., Raymond, J. et Malo, M. (2016). *L'acceptabilité sociale des projets d'énergie géothermique au Québec: Rapport final*. INRS, Centre Eau Terre Environnement.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*.
- Maurines, L., Fuchs-Gallezot, M., Ramage, D. et Beaufile, D. (2013). La nature des sciences dans les programmes de seconde de physique-chimie et de sciences de la vie et de la Terre. *Revue en Didactique des Sciences et des Technologies*, 7, 19-52.
- Maurines, L. et Orange Ravachol, D. (2016). Les sciences de la Terre et de l'Univers (STU) : des recherches didactiques qui questionnent leurs caractéristiques épistémologiques. *RDST*, 14, 9-36.
- Mayer, V. J. (1991). Framework for Earth systems education. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, 28(1), 8-9.
- Mazabraud, Y. et Forissier, T. (2010). *De l'effet du contexte sur les conceptions d'élèves de 11ans sur la géothermie en Guadeloupe*. Document inédit.
- Merlo-Leurette, S. et Forissier, T. (2009). La contextualisation dans l'enseignement des sciences et techniques en Guadeloupe. *Grand N*, 83.
- Ministère de l'Éducation nationale (2012). *Sciences de la vie et de la Terre - Série S - Enseignement spécifique - Thème 2-A Géothermie et propriétés thermiques de la Terre*.
- Ministère de l'Éducation nationale (2000). *Bulletin officiel de l'Éducation nationale n°23 du 15 juin 2000*.
- Ministère de l'Éducation nationale (2010). *Bulletin officiel spécial n° 9 du 30 septembre 2010*.
- Ministère de l'Éducation nationale (2011). *Bulletin officiel n°26 du 30 juin 2011*.

- Ministère de l'Éducation nationale (2015). *Bulletin Officiel n°27 du 2 juillet 2015*.
- Ministère de l'Éducation nationale, d. l. e. s. e. d. l. r. (2017a). *Bulletin Officiel du Ministère de l'Éducation nationale, Annexe 2 - Sciences de la vie et de la Terre – Adaptation pour la Guyane*.
- Ministère de l'Éducation nationale, M. d. l. É. n., de l'enseignement supérieur et de la recherche, (2017b). *Bulletin Officiel de l'Éducation nationale n°11 du 16 mars 2017, Annexe 1 - Sciences de la vie et de la Terre – Adaptation pour la Guadeloupe et la Martinique*
- Newmann, F. M., Marks, H. M. et Gamoran, A. (1996). Authentic pedagogy and student performance. *American Journal of Education*, 104(4), 280-312.
- Nicolle, J., Rapp, V., Bailly, K., Prevost, L. et Chetouani, M. (2012). *Robust continuous prediction of human emotions using multiscale dynamic cues*. Communication présentée Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction.
- Observatoire Régional de l'Energie et du Climat. (2017). Les chiffres clés de l'énergie en Guadeloupe, Bilan 2016.
- Odacre, E. (2018). *L'enseignement des Sciences Economiques et Gestion en BTS, en Guadeloupe - entre prescrits nationaux et contexte socio-économique régional*. (Université des Antilles).
- Orange, C. (1995). Volcanisme et fonctionnement interne de la Terre. Repères didactiques pour un enseignement de l'école élémentaire au lycée.
- Orange, C., Beorchia, F., Ducrocq, P. et Orange, D. (1999). Reel de terrain", "reel de laboratoire" et construction de problèmes en sciences de la vie et de la terre. *Aster*, 28, 107-129.
- Orion, N. et Ault, C. (2007). Learning earth sciences. *Handbook of research on science teaching and learning*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Paillé, P. (1994). L'analyse par théorisation ancrée. *Cahiers de recherche sociologique*(23), 147-181.
- Peterson, R. A. (1994). A meta-analysis of Cronbach's coefficient alpha. *Journal of consumer research*, 21(2), 381-391.
- Piaget, J. (1929). *The child's concept of the world*. Londres: Routledge & Kegan Paul.
- Plutchik, R. (1994). *The psychology and biology of emotion*. HarperCollins College Publishers.
- Podschuweit, S. et Bernholt, S. (2017). Composition-Effects of Context-based Learning Opportunities on Students' Understanding of Energy. *Research in Science Education*, 1-36.
- Popper, K. (1963). *Conjectures and Refutations*.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. et Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227.
- Quignard, M., Ursi, B., Rossi-Gensane, N., André, V., Baldauf-Quilliatre, H., Etienne, C., . . . Traverso, V. (2016). *Une méthode instrumentée pour l'analyse multidimensionnelle des tonalités émotionnelles dans l'interaction*. Communication présentée SHS Web of Conferences.
- Rateau, P. et Lo Monaco, G. (2013). La théorie des représentations sociales: orientations conceptuelles, champs d'applications et méthodes. *CES Psicología*, 6(1), 1-21.

- Raymi, C. (2017). Free Online Courses for Geothermal Explorationists. Repéré le 26 février 2018 à <http://www.thinkgeoenergy.com/free-online-courses-for-geothermal-explorationists/>
- Reverdy, C. (2018). Les recherches en didactique pour l'éducation scientifique et technologique. *Dossier de veille de l'ifé*, 122.
- Rey, A. (dir.) (2000). Le robert.
- Romanowicz, B. (2018). Imagerie globale de la Terre par les ondes sismiques. *Reflète de la physique*(56), 4-9.
- Roschelle, J. et Teasley, S. D. (1995). *The construction of shared knowledge in collaborative problem solving*. Communication présentée Computer supported collaborative learning.
- Roussel, F. (2016). Géothermie profonde : inauguration de la première centrale thermique. Repéré à <https://www.actu-environnement.com/ae/news/geothermie-profonde-inauguration-centrale-thermique-es-roquette-cdc-ecogi-26957.php4>
- Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F. et Lorensen, W. E. (1991). *Object-oriented modeling and design*. Prentice-hall Englewood Cliffs, NJ.
- Sanchez, É. (2008). Quelles relations entre modélisation et investigation scientifique dans l'enseignement des sciences de la terre ? *Education & Didactique*, 2(2), 97-122.
- Sanchez, É. et Monod-Ansaldi, R. (2015). Recherche collaborative orientée par la conception. *Education & Didactique*, 9(2), 73-94.
- Sanchez, É., Prieur, M. et Devallois, D. (2004). L'enseignement de la géologie en classe de seconde: quels obstacles, quelles pratiques. *Actes XXVèmes JIES. Chamonix*.
- Santini, J. et Crépin-Obert, P. (2015). Analyse comparée de séances de géologie à l'école primaire. Problématisation et action conjointe élève-professeur. *RDST. Recherches en didactique des sciences et des technologies*(11), 25-52.
- Sauvage Luntadi, L. et Tupin, F. (2012). La compétence de contextualisation au cœur de la situation d'enseignement-apprentissage. *Phronesis*, 1(1), 102-117.
- Savard, I. (2014). *Modélisation des connaissances pour un design pédagogique intégrant les variables culturelles*. (Télé-université).
- Schilit, B. N. et Theimer, M. M. (1994). Disseminating active map information to mobile hosts. *IEEE network*, 8(5), 22-32.
- Schwartz, R., Lederman, N. et Crawford, B. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science education*, 88(4), 610-645.
- Simonneaux, L. et Simonneaux, J. (2009). À la croisée des questions socialement vives et du développement durable: étude de la relation alimentation-environnement avec des enseignant(e)s.
- The Open University. (2016). Energy resources: Geothermal energy. Repéré le 27 février 2018 à <http://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/science/environmental-science/energy-resources-geothermal-energy/content-section-0?LKCAMPAIGN=ebook MEDIA=ol>

- Tiberghien, A. (2003). Chapitre 8. Des connaissances naïves au savoir scientifique (*Les sciences cognitives et l'école* (p. 353-413): Presses Universitaires de France.
- Tortop, H. S. (2012). Awareness and Misconceptions of High School Students about Renewable Energy Resources and Applications: Turkey Case. *Online Submission*, 4(3), 1829-1840.
- Van Wissen, A., Kamphorst, B. et Van Eijk, R. (2013). A constraint-based approach to context. Dans P. Brézillon, P. Blackburn & R. Dapoigny (dir.), *Modeling and Using Context* (Vol. 8175, p. 171-184). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Vincent, H. (2013). Les représentations en question. *Recherches en éducation*, 17.
- Von Uexküll, J. (1965). Mondes animaux et monde humain (1934). *Paris, Denoël*.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 45-69.
- Vosniadou, S. et Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive science*, 18(1), 123-183.
- Vygotski, L. (1997). Pensée et langage (1934). *Paris: La Dispute*, 446-447.
- Wegener, A. (1912). Die entstehung der kontinente. *Geologische Rundschau*, 3(4), 276-292.
- Wertsch, J. V. (1991). A sociocultural approach to socially shared cognition.

Table des matières

Sommaire.....	9
Liste des sigles et abréviations	11
Introduction	13
1. Cadre théorique.....	17
1.1. La géothermie	19
1.1.1. Une chaleur provenant des entrailles du globe	19
1.1.2. Naissance de l'exploitation géothermique	22
1.1.3. Le fonctionnement de la géothermie.....	23
1.1.4. Intérêts énergétiques de la géothermie	25
1.1.5. La géothermie aux Antilles et en Guadeloupe	29
1.2. Géothermie, société et éducation	36
1.2.1. Représentations sociales de la géothermie d'après trois études	36
1.2.2. Enjeux sociétaux et didactiques	39
1.2.2.1. L'histoire des géosciences, un fondement pour leur didactique	39
1.2.2.2. L'éducation aux géosciences et à la géothermie.....	41
1.3. La didactique des sciences	48
1.3.1. Une approche épistémologique de la didactique des sciences	48
1.3.1.1. Quelques courants épistémologiques	48
1.3.1.2. Démarche d'investigation et didactique de la géologie	50
1.3.2. La psycho-didactique.....	52
1.3.2.1. Obstacles épistémologiques et objectifs obstacles.....	52
1.3.2.2. Des connaissances naïves aux savoirs scientifiques.....	52
1.3.2.3. Le changement conceptuel	53
1.3.2.4. Le constructivisme et le socioconstructivisme	54
1.3.2.5. Les conceptions	55
1.3.2.6. Les conceptions selon le modèle KVP	58
1.3.3. La socio didactique.....	60
1.3.3.1. Opinions et croyances, des notions complémentaires pour la compréhension des conceptions	60
1.3.3.2. Articulations entre conceptions, représentations sociales et questions socialement vives.....	61
1.3.4. L'étude des conceptions sur des notions relatives à la géothermie	62
1.4. Contexte et enseignement.....	67
1.4.1. Le contexte au travers de différentes approches	67
1.4.2. Les contextes en situation d'enseignement-apprentissage.....	69
1.4.2.1. Effets dus au contexte et contextualisation didactique	69
1.4.2.2. Les effets de contextes.....	71
1.4.2.3. Le contexte en didactique des sciences et approches pédagogiques associées.....	72
1.4.3. Des enseignements basés sur les effets de contextes	73

1.4.4.	Modéliser le contexte	78
1.5.	Problématique.....	79
2.	La géothermie : conceptions d'apprenants.....	83
2.1.	Introduction et problématique	85
2.2.	Méthodologie.....	89
2.2.1.	Échantillonnage	89
2.2.2.	Déroulement de l'enquête.....	90
2.2.2.1.	Déroulement de l'enquête en Guadeloupe et en Martinique	90
2.2.2.2.	Déroulement de l'enquête en Dominique	92
2.2.2.3.	Tableau récapitulatif de l'échantillonnage.....	93
2.2.3.	Recueil de données : modalités de passation et questionnaire	94
2.2.4.	Limites de l'enquête par questionnaire	94
2.3.	Présentation du questionnaire.....	96
2.3.1.	Conception du questionnaire.....	96
2.3.2.	Méthodologie de traitement du questionnaire	97
2.3.3.	Méthodologie d'analyse du questionnaire	115
2.4.	Résultats et analyses	118
2.4.1.	Analyses descriptives	118
2.4.2.	Analyses inférentielles	143
2.4.2.1.	Analyse One Way Anova	143
2.4.2.2.	Khi ² et tris croisés.	145
2.4.3.	Analyse d'interdépendance	146
2.4.3.1.	Analyse de cohérence interne.....	146
2.4.3.2.	Analyses en Correspondances Multiples (ACM).....	148
2.5.	Discussion partielle.....	157
2.5.1.	Deux enquêtes aux résultats proches	157
2.5.1.1.	Des connaissances générales partagées	157
2.5.1.2.	Des opinions comparables sur la géothermie	159
2.5.1.3.	Des connaissances locales similaires sur la géothermie	161
2.5.1.4.	Un désir d'apprendre bien différent	162
2.5.1.5.	Synthèse de la comparaison.....	163
2.5.2.	Des conceptions dépendant des territoires et de leur géothermie.....	163
2.5.2.1.	Des différences significatives	164
2.5.2.2.	Des lycées qui s'opposent	167
2.5.3.	Vers une analyse des conceptions alternatives	168
2.5.4.	Les conceptions comme ressources à la pédagogie	171
3.	Un projet pédagogique innovant sur la géothermie	173
3.1.	Introduction et problématiques.....	175
3.2.	Méthodologie de recherche : principe général.....	179

3.3.	<i>La modélisation du contexte</i>	181
3.3.1.	Le MazCalc, un outil complexe.....	181
3.3.1.1.	Le vocabulaire du Mazcalc.....	181
3.3.1.2.	La création du Mazcalc.....	182
3.3.1.3.	Utilisation du Mazcalc.....	184
3.3.2.	Création et implémentation du prototype du MazCalc.....	185
3.3.3.	Résultats du calcul d'écart.....	189
3.4.	<i>Présentation de l'expérimentation</i>	190
3.4.1.	Description de l'expérimentation.....	190
3.4.2.	Scénario et déroulement du projet pédagogique.....	192
3.4.2.1.	Organisation pédagogique prévisionnelle.....	192
3.4.2.2.	Déroulement de l'expérimentation relativement aux phases prévisionnelles.....	196
3.4.3.	Matériel, récolte de données et méthodes de traitement.....	199
3.4.3.1.	Organisation technique.....	199
3.4.3.2.	Données récoltés.....	200
3.4.3.3.	Questionnaire pré-test post-test.....	201
3.4.3.4.	Vidéo des échanges entre étudiants.....	208
3.5.	<i>Présentation et analyse des résultats de l'expérimentation</i>	210
3.5.1.	Pré-test / Post-test.....	210
3.5.1.1.	Statistiques descriptives.....	210
3.5.1.2.	Analyses d'interdépendance.....	229
3.5.2.	Résultats de l'analyse des vidéos d'échanges entre les équipes homologues.....	231
3.5.3.	Synthèse de l'analyse des vidéos.....	260
3.6.	<i>Discussion et conclusions</i>	265
3.6.1.	Des conceptions qui évoluent différemment.....	265
3.6.2.	Des comportements changeants face aux effets de contextes.....	267
3.6.3.	Une approche pédagogique innovante.....	271
3.6.4.	Liens entre modélisation du contexte et effets de contextes observés.....	272
3.6.5.	Vers un Mazcalc plus adapté.....	274
3.6.6.	Les possibilités d'ouverture du Mazcalc.....	276
3.6.7.	La design-based research.....	276
4.	Discussion générale	279
4.1.	<i>Vers une didactique de la géothermie</i>	281
4.2.	<i>Des conceptions construites en contexte</i>	282
4.3.	<i>Les représentations collectives, noyau central des représentations sociales</i>	283
4.4.	<i>La géothermie constitue-t-elle une question socialement vive ?</i>	285
4.5.	<i>Les objets de contexte : importance des différentes dimensions dans la modélisation du contexte</i>	286
4.6.	<i>Vers une typologie des effets de contextes</i>	289

4.7. Modélisation de contextes externes versus modélisation de contextes internes .293	
Conclusion	295
Références bibliographiques	297
Table des matières	307
Table des illustrations	311
Liste des tableaux.....	315

Table des illustrations

Figure 1 : Schéma de la structure interne du globe	20
Figure 2 : Structure interne de globe (Courtilot et al., 2003).....	21
Figure 3 : Photographie de la première installation géothermique et de son inventeur Prince Piero Ginori Conti, Italie, 1904 (Dickson et Fanelli, 2004)	22
Figure 4 : Coupe transversale du champ géothermique de Lardarello en Toscane, Italie (The Open University, 2016).....	23
Figure 5 : Utilisation des différents types de géothermie (ADEME, 2015)	25
Figure 6 : Consommation d'énergie finale en France par secteur (https://www.connaissancedesenergies.org)	26
Figure 7 : Répartition de la production électrique française en 2016. (https://www.connaissancedesenergies.org)	27
Figure 8 : Répartition de la consommation d'énergie en Guadeloupe	28
Figure 9 : Répartition des énergies renouvelables en Guadeloupe	29
Figure 10 : Localisation de la plaque caraïbe (www.aaapoe.net , consulté le 27/07/2018).....	29
Figure 11 : Limite de subduction dans l'arc des petites Antilles (Laplaige, Durimel et Mompelat, 2013)	30
Figure 12 : Photographies de la centrale de Bouillante – de gauche à droite : http://www.geothermie-perspectives.fr (consulté le 05/03/2018) et Observatoire Régional de l'Energie et du Climat (2017).....	31
Figure 13 : Position des différents forages à Bouillante ³	32
Figure 14 : Schéma du principe de fonctionnement de la centrale de Bouillante	33
Figure 15 : Niveau d'acceptation publique de l'énergie géothermique (Kępińska, 2015).....	37
Figure 16 : Point de vue économique des meilleures utilisations de la géothermie (Kępińska, 2015)	37
Figure 17 : Point de vue social des meilleures utilisations de la géothermie (Kępińska, 2015).....	38
Figure 18 : Photographie d'une robe dont les couleurs peuvent être perçues différemment selon les observateurs (Gegenfurtner, Bloj et Toscani, 2015).....	57
Figure 19 : Image illustrant l'influence du contexte sur la perception d'un objet (Giordan et de Vecchi, 1990)	58
Figure 20 : Transposition didactique selon Clément (2010).	59
Figure 21 : Interactions entre les contextes externes et internes de deux individus (Van Wissen et al., 2013, p. 176)	68
Figure 22 : Schématisation de l'émergence des effets de contexte (Fécil, 2014), retravaillée	75
Figure 23 : Modèle des variations d'échelles d'effet de contextes (Forissier et al., 2013).....	76
Figure 24 : Modèle Clash (Forissier et al., 2014)	77
Figure 25 : Carte de la Dominique et de la région de la vallée de Roseau	86
Figure 26 : Localisation des lycées faisant l'objet de l'enquête en Guadeloupe.....	91
Figure 27 : Localisation des lycées faisant l'objet de l'enquête en Martinique	91
Figure 28 : Localisation des lycées faisant l'objet de l'enquête en Dominique.....	93
Figure 29 : Illustration de la macro créée pour le codage des dessins pour le deuxième traitement de la question 4	108
Figure 30 : Détail du codage obtenu après utilisation de la macro pour le deuxième traitement de la question 4	108

Figure 31 : Histogramme des pourcentages de réponse à la question 1, par île.....	118
Figure 32 : Histogramme illustrant les effectifs des élèves ayant mentionné certaines notions particulières pour la question 1 (deuxième traitement)	119
Figure 33 : histogramme des pourcentages de réponses à la question 2, par île.....	120
Figure 34 : Histogramme des pourcentages de réponse à la question 3A, par île et par lycée de Guadeloupe.....	121
Figure 35 : Histogramme des pourcentages de réponses à la question 3B, par île	121
Figure 36 : Histogrammes des effectifs de réponses aux questions 3L, 3M, 3N, et 3O, pourcentages par île	122
Figure 37 : Histogrammes des pourcentages de réponses aux questions 3J et 3P, par île.....	123
Figure 38 : Histogrammes des pourcentages de réponses à la question G, par île et par lycée de Guadeloupe.....	124
Figure 39 : Histogrammes des pourcentages de réponses aux questions 3C et 3H, par île	124
Figure 40 : Histogrammes des pourcentages de réponse aux questions 3D, 3Q, 3K et 3I, par île.	125
Figure 41 : Histogramme des pourcentages de réponse à la question 3E, par île	126
Figure 42 : Histogramme des pourcentages de réponses à la question 3F, par île	126
Figure 43 : Illustrations des réponses à la question 4 : dessins d'usines	127
Figure 44 : Exemples de dessins du phénomène de chaleur et de la Terre	128
Figure 45 : Exemples de dessins d'énergies renouvelables.....	128
Figure 46 : Exemples de dessins avec nuisances.....	129
Figure 47 : Exemples de dessins de volcans	129
Figure 48 : Exemples de dessins de maisons et de dessins schématiques.....	129
Figure 49 : Exemples de dessins « autres ».....	130
Figure 50 : Histogramme descriptif des réponses à la question 4 (en pourcentage)	131
Figure 51 : Histogramme descriptif des éléments représentés par les élèves en effectifs, par île	132
Figure 52 : Histogramme descriptif des éléments représentés par les élèves en pourcentages, par île	132
Figure 53 : Résultats des tris à plat de la question 5, en pourcentages.....	133
Figure 54 : Photographie de l'installation géothermique dans la vallée de Roseau, photo prise le 11/03/2017	133
Figure 55 : Photographie du panneau explicatif trouvé sur place, photo prise le 11/03/2017.....	134
Figure 56 : Histogrammes des pourcentages de réponse à la question 6, par île	134
Figure 57 : Histogrammes des pourcentages de réponse à la question 6, par lycée.....	135
Figure 58 : Histogrammes des pourcentages de réponses à la question 8a, par île.....	135
Figure 59 : Histogrammes des pourcentages de réponses à la question 8a, par lycée	136
Figure 60 : Histogramme des pourcentages de réponses à la question 8b, par île	136
Figure 61 : Histogrammes représentant les réponses à la question 8c en pourcentages, par île.	137
Figure 62 : Histogramme des réponses à la question 8d par île	138
Figure 63 : Histogramme des réponses à la question 8d par lycée.....	138
Figure 64 : Histogramme des pourcentages de réponses à la question 9, par île	139
Figure 65 : Histogramme des pourcentages de réponses à la question 9, par île	140
Figure 66 : Histogramme des pourcentages de réponse à la question 9, détaillé pour les lycées de Guadeloupe.....	140
Figure 67 : Histogramme de réponses « non » à la question 10 en pourcentages par îles	141
Figure 68 : Histogramme des réponses à la question 11, en pourcentage par île	141

Figure 69 : Histogrammes des réponses à la question 11b, par île, en pourcentages.....	142
Figure 70 : Histogramme illustrant l'analyse Anova, avec le test LSD et le test de Tukey sur le deuxième traitement de la question 1	144
Figure 71 : Histogramme représentant la moyenne, par établissement, de l'opinion de la géothermie, selon les différentes affirmations de la question 3. Une moyenne proche de 0 est une opinion positive, une moyenne proche de 4 est une opinion négative	147
Figure 72 : Représentation de l'ACM entre les variables « lycée » et les modalités du premier traitement de « Q4 »	148
Figure 73 : ACM réalisée sur le deuxième traitement de la question 4.....	151
Figure 74 : ACM entre les variables « lycée » et toutes les questions au traitement exclusif.....	152
Figure 75 : ACM entre les variables lycée, Q1, Q4 et Q9a	154
Figure 76 : Histogramme descriptif des réponses à Q7, enquête BVA	157
Figure 77 : Histogramme descriptif des réponses à Q1, enquête GEOTREF	158
Figure 79 : Comparaison des résultats de notre enquête et de celle de BVA sur la question 3 (affirmations en faveur de la géothermie)	160
Figure 78 : Comparaison des résultats de notre enquête et de celle de BVA sur la question 3 (affirmations en défaveur de la géothermie)	160
Figure 80 : Comparatif des résultats obtenus pour la question 5 entre l'enquête Geotref et l'enquête BVA (les données sont en pourcentages).....	161
Figure 81 : Comparaison des résultats de la question 10, données en pourcentages.....	162
Figure 82 : Dessin de la géothermie comme un loisir en Guadeloupe	165
Figure 83 : Histogramme des élèves citant la centrale géothermique de Bouillante en Guadeloupe, par lycée.....	166
Figure 84 : Dessin de la géothermie comme l'extraction de la chaleur	169
Figure 85 : Dessin de la géothermie comme l'extraction de l'énergie.....	169
Figure 86 : Dessin de la géothermie associée à l'hydroélectricité	170
Figure 87 : Dessin de la géothermie comme une extraction de lave.....	170
Figure 88 : Déroulement et chronologie des événements du projet TEEC (d'après un document interne au CRREF)	177
Figure 89 : Mockup illustrant la création du squelette du Mazcalc	182
Figure 90 : Mockup représentant la création d'un modèle d'objet.....	183
Figure 91 : Mockup illustrant l'implémentation d'un modèle objet pour un contexte spécifique.....	183
Figure 92 : Organisation des acteurs pour la création et l'utilisation du Mazcalc	184
Figure 93 : Prototype du Mazcalc pour le sujet de la géothermie	186
Figure 94 : Liste déroulante pour l'implémentation d'un paramètre	186
Figure 95 : Implémentation d'un paramètre de nature quantitative et description de l'unité dans laquelle le paramètre est considéré.	186
Figure 96 : Exemple d'une formule servant à normaliser les valeurs des paramètres	187
Figure 97 : Premier exemple d'écart calculés pour deux paramètres de natures différentes (ordinales et nominale).....	187
Figure 98 : Deuxième exemple d'écart calculés pour deux paramètres de natures différentes (ordinal et nominal).....	187
Figure 99 : Exemple de paramètre dépendant, le type de roche pour une formation sédimentaire	188
Figure 100 : Exemple de paramètre dépendant, le type de roche pour une formation magmatique	188

Figure 101 : Illustration de l'organisation de paramètres composites, exemple avec le paramètre « Type de formation géologique ».....	189
Figure 102 : Représentation des écarts de contextes par famille	189
Figure 103 : Représentation des écarts de contexte par paramètre	190
Figure 104 : Organisation pédagogique des interactions.....	192
Figure 105 : Histogramme descriptif des réponses à la question 1 pour les étudiants de Guadeloupe	211
Figure 106 : Histogramme descriptif des réponses à la question 1 pour les étudiants de Montréal .	211
Figure 107 : Histogramme descriptif des réponses à la question 2a pour les étudiants de Guadeloupe	212
Figure 108 : Histogramme descriptif des réponses à la question 2a pour les étudiants de Montréal	213
Figure 109 : Dessins des étudiants de Guadeloupe en pré-test pour la question 2b	214
Figure 110 : Dessins des étudiants de Guadeloupe en post-test pour la question 2b.....	215
Figure 111 : Histogramme descriptif des réponses à la question 2b pour les étudiants de Guadeloupe	216
Figure 112 : Exemples de dessins d'étudiants de Montréal en pré-test pour la question 2b	216
Figure 113 : Exemples de dessins d'étudiants de Montréal en post-test pour la question 2b.....	217
Figure 114 : Histogramme descriptif des réponses à la question 2b pour les étudiants de Montréal	218
Figure 115 : Histogramme descriptif des réponses à la question 3	219
Figure 116 : Histogramme descriptif des réponses à la question 4	220
Figure 117 : Histogramme descriptif des réponses à la question 5	220
Figure 118 : Histogramme représentant les réponses recueillies à la question 6 en Guadeloupe.....	222
Figure 119 : Histogramme représentant les réponses recueillies à la question 6 à Montréal	222
Figure 120 : Histogramme représentant les réponses recueillies à la question 7 en Guadeloupe.....	223
Figure 121 : Histogramme représentant les réponses recueillies à la question 7 à Montréal	223
Figure 122 : Dessins des étudiants de Guadeloupe en pré-test pour la question 8	224
Figure 123 : Exemple de dessins des étudiants de Guadeloupe en post-test pour la question 8	225
Figure 124 : Exemple de dessins des étudiants de Montréal en pré-test pour la question 8.....	225
Figure 125 : Exemple de dessins des étudiants de Montréal en post-test pour la question 8.....	226
Figure 126 : Histogramme descriptif des réponses à la question 9	227
Figure 127 : Histogramme descriptif des réponses à la question 10	228
Figure 128 : Histogramme descriptif des réponses à la question 12	229
Figure 129: ACM de la question 1 « donnez cinq mot en lien avec la géothermie »	231
Figure 130 : Evolution différenciée des conceptions entre les pré et post-tests pour les deux groupes, selon les deux dimensions de l'expertise et de la contextualité	266
Figure 131 : La roue des émotions de Plutchik	269
Figure 132 : Schématisation des interactions entre contextes d'après Forissier et al. (2014)	273
Figure 133 : Deux types d'effets de contextes (ECei et ECii).....	277
Figure 134 : Les objets de contexte de la géothermie en Guadeloupe.....	288
Figure 135 : Les trois phases de l'effet de contexte.....	291

Liste des tableaux

Tableau 1: Provenance des ressources énergétiques importée par la France	27
Tableau 2 : Mix énergétique de Guadeloupe en 2015.....	28
Tableau 3: Évolution de la production géothermique depuis 2012 en Guadeloupe	29
Tableau 4 : Récapitulatif des différentes notions en lien avec la géothermie dans la formation scolaire (Ministère de l'Éducation nationale, 2012)	44
Tableau 5: Liste des formations supérieures françaises dans le domaine de la géothermie, d'après http://www.geothermie-perspectives.fr/article/formations-initiales-en-geothermie- apres-bac	45
Tableau 6 : Nombre de classe et effectif d'élèves ayant participé à l'enquête	93
Tableau 7 : Présentation synoptique du questionnaire	97
Tableau 8 : Présentation des huit modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 1.	98
Tableau 9 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 1.	98
Tableau 10 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 2	99
Tableau 11 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 3	99
Tableau 12 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 4	100
Tableau 13 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 5	100
Tableau 14 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 6	100
Tableau 15 : Exemples de réponses à la question 1 pour la modalité 7	101
Tableau 16 : Exemples de réponses à la question 1, pour lesquelles plusieurs modalités ont été attribuées.....	101
Tableau 17 : Descriptif du deuxième traitement ayant été réalisé pour la question 1 (présence de certains mots)	101
Tableau 18 : Présentation des neuf modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 2	103
Tableau 19 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 1	103
Tableau 20 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 2	103
Tableau 21 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 3	103
Tableau 22 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 4	103
Tableau 23 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 5	104
Tableau 24 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 6	104
Tableau 25 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 7	104
Tableau 26 : Exemples de réponses à la question 2 pour la modalité 8	104
Tableau 27: Présentation de la question 3.....	105
Tableau 28 : Présentation des éléments relevés dans les dessins pour le deuxième traitement de la question 4	107
Tableau 29 : Présentation des huit modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 5	109
Tableau 30 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 1	109
Tableau 31 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 2	109
Tableau 32 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 3	109
Tableau 33 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 4	110
Tableau 34 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 5	110

Tableau 35 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 6	110
Tableau 36 : Exemples de réponses à la question 5 pour la modalité 7	110
Tableau 37 : Présentation des deux modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 8c	111
Tableau 38 : Présentation des sept modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 8d	112
Tableau 39 : Présentation des cinq modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 9a	112
Tableau 40 : Présentation des huit modalités de traitement attribuées aux réponses à la question 9b	112
Tableau 41 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 1	112
Tableau 42 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 2	113
Tableau 43 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 3	113
Tableau 44 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 4	113
Tableau 45 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 6	113
Tableau 46 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 7	114
Tableau 47 : Exemples de réponses à la question 9b pour la modalité 8	114
Tableau 48 : Liste des quatre ACM réalisées.....	116
Tableau 49 : Exemples de codages adaptés aux analyses khi ² et ACM pour la question 1	117
Tableau 50 : Description des modalités de catégorisation des dessins	130
Tableau 51: Comparaison des résultats avec les hypothèses relatives au traitement 2 de la question 1	144
Tableau 52 : Synthèse des résultats obtenus par le khi ²	145
Tableau 53 : Rappel des 17 questions relatives à la question 3.....	146
Tableau 54 : Modalités de traitement établies pour l'analyse.....	146
Tableau 55 : Description des points ayant une importante inertie sur chaque dimension	149
Tableau 56 : Spécificités des représentations par zone géographique selon l'ACM	150
Tableau 57: Spécificités des représentations selon les deux dimensions.....	153
Tableau 58 : Description des points ayant une forte inertie sur D1 et D2.....	153
Tableau 59: Spécificités des représentations selon les deux dimensions.....	155
Tableau 60 : Description des points ayant une forte inertie sur les dimensions 1 et 2	155
Tableau 61 : Comparatif de la question 1 (Geotref) et 7 (BVA)	157
Tableau 62 : Comparatif des questions 3 et 15 pour l'enquête BVA et l'enquête Geotref	159
Tableau 63 : Repère des échelles utilisées pour les deux enquêtes des figures 78 et 79.....	159
Tableau 64 : Comparatif de la question 5 entre l'enquête BVA et l'enquête Geotref.....	161
Tableau 65 : Comparatif de la question 10 entre les enquêtes BVA et Geotref	162
Tableau 66 : Organisation pédagogique prévisionnelle de l'expérimentation	193
Tableau 67 : Organisation effective de l'expérimentation pédagogique.....	195
Tableau 68 : Récapitulatif du brainstorming réalisé lors de la première séance.....	197
Tableau 69 : Description du questionnaire pré-test post-test et du traitement des questions	202
Tableau 70 : Exemples de mots cités pour chaque modalité pour la question 1	203
Tableau 71 : Exemples de réponses pour chaque modalité de traitement de la question 2	204
Tableau 72 : Exemples de réponses pour chaque modalité de traitement de la question 3	204
Tableau 73 : Exemples de réponses pour chaque modalité de traitement de la question 4	205
Tableau 74 : Exemples de réponses pour chaque modalité de traitement de la question 5	205

Tableau 75 : Détail des questions fermées Q6 et Q7	206
Tableau 76 : Description des réponses portant sur l'identification	206
Tableau 77 : Description de la cohorte interrogée	207
Tableau 78 : Description de l'âge de la population	207
Tableau 79 : Descriptif quantitatif des réponses à la question 1	210
Tableau 80 : Descriptif quantitatif des réponses à la question 2a	212
Tableau 81 : Descriptif quantitatif des non réponses aux questions 3, 4 et 5	219
Tableau 82 : Descriptif quantitatif des réponses à la question 6 (en effectif)	221
Tableau 83 : Descriptif quantitatif des réponses à la question 7 (en effectif)	222
Tableau 84 : Descriptif quantitatif des non réponses à la question 8.....	224
Tableau 85 : Coordonnées et contributions à l'inertie de l'ACM.....	230
Tableau 86 : Correspondance entre les vidéos récoltées, les dates et les identifiants des équipes ..	232
Tableau 87 : Descriptif de la vidéo de l'équipe A	232
Tableau 88 : Séquençage de la vidéo de l'équipe A	232
Tableau 89 : Effets de contextes identifiés dans la vidéo de l'équipe A	234
Tableau 90 : Traitement effectué sur les séquences 4 et 5 de la vidéo de l'équipe A.....	234
Tableau 91 : Descriptif de la vidéo de l'équipe B	235
Tableau 92 : Séquençage de la vidéo de l'équipe B	236
Tableau 93 : Descriptif de la vidéo de l'équipe C	238
Tableau 94 : Séquençage de la vidéo de l'équipe C	238
Tableau 95 : Récapitulatif des effets de contextes identifié dans la vidéo de l'équipe C.....	244
Tableau 96 : Descriptif de la première vidéo de l'équipe D	244
Tableau 97 : Séquençage de première la vidéo de l'équipe D	244
Tableau 98 : Descriptif de la deuxième vidéo de l'équipe D	247
Tableau 99 : Séquençage de la deuxième vidéo de l'équipe D	248
Tableau 100 : Récapitulatif des effets de contextes identifiés dans la seconde vidéo de l'équipe D.	256
Tableau 101 : Descriptif de la vidéo de l'équipe E	257
Tableau 102 : Séquençage de la vidéo de l'équipe E	257
Tableau 103 : Récapitulatif des effets de contextes identifié dans la vidéo de l'équipe E	260
Tableau 104 : Récapitulatif et description des effets de contextes identifiés dans l'ensemble des vidéos.....	261
Tableau 105 : Caractéristiques d'un effet de contextes	264
Tableau 106 : Combinaison d'émotions selon Plutchik.....	269
Tableau 107 : Synthèse des affects identifiés dans les effets de contextes et correspondance avec les émotions de Plutchik	270
Tableau 108 : Les attributs fonctionnels du Mazcalc	274

Annexes

Table des Annexes

Annexes	319
Tables des Annexes.....	321
Annexe 1 – Lettre d’autorisation pour la réalisation de l’enquête en Dominique	323
Annexe 2 – Deuxième lettre d’autorisation pour l’enquête en Dominique	325
Annexe 3 – Questionnaire de l’enquête sur les conceptions d’élèves en Français	327
Annexe 4 – Questionnaire de l’enquête sur les conceptions d’élèves en Anglais.....	331
Annexe 5 – Planches de dessins : question 4	335
• Modalité 1	337
• Modalité 2	339
• Modalité 3	341
• Modalité 4	343
• Modalité 5	345
• Modalité 6	347
• Modalité 7	349
• Modalité 8	351
• Modalité 9	353
Annexe 6 – Analyse One Way ANOVA réalisée avec SPSS et tests post-hoc	355
Annexe 7 – Tableau croisés et tests de khi ² réalisés avec Statistica	359
• Tableaux croisés et khi ² avec la variable « île »	359
• Tableaux croisés et khi ² avec la variable « Lycées »	365
• Tableaux croisés et khi ² avec la variable : question 1	370
• Tableaux croisés et khi ² avec la variable : question 4	374
• Tableaux croisés et khi ² avec la variable : question 5	376
• Tableaux croisés et khi ² avec la variable : question 6	377
• Tableaux croisés et khi ² avec la variable : question 8a	378
• Tableaux croisés et khi ² avec la variable : question 8d	381
• Tableaux croisés et khi ² avec la variable : question 9a	383
Annexe 8 – Alpha de Cronbach sur la question 3 et analyses associées.....	385
• Première analyse de cohérence interne (17 items de la question 3)	385
• Deuxième analyse de cohérence interne après réorganisation (sans l’item K de la question 3)	387
• Analyse ANOVA réalisée sur la nouvelle variable « perception négative » en fonction des trois îles.....	389
• Analyse ANOVA réalisée sur la nouvelle variable créée après vérification de la cohérence interne en fonction des 13 lycées	390

Annexe 9 – Support pédagogique destiné aux étudiants de l’expérimentation	397
Annexe 10 – Questionnaire pré-test post-test.....	393
Annexe 11 – Traitement 1 et 2 de la question 1	397
Annexe 12 – ACM réalisée sur la question 1, traitement 1.....	401
Annexe 13 – ACM réalisée sur la question 1, traitement 2.....	403

Annexe 1 - Lettre d'autorisation pour la réalisation de l'enquête en Dominique



Government of Dominica
MINISTRY OF EDUCATION & HUMAN RESOURCE DEVELOPMENT
CURRICULUM, MEASUREMENT & EVALUATION UNIT

Tel : (767) 266 5589/55 98 / 5583 / 5546/5562
Fax: (767) 448 1701

Education Science &
Technology Building
Cornwall Street, Roseau
Commonwealth of Dominica

3rd October 2016

Miss Claire Anjou
Doctorante UA -ESPE - CRREF
Ingénieur Géologue
Martinique

Dear Miss Anjou

The Ministry of Education through the Modern Languages Department is happy to accommodate you in your research on geothermal energy and the presentation of your questionnaires to our various schools.

Please be informed that we will accommodate you between the 24th and 28th October 2016, at participating Secondary schools in this regard.

We look forward to welcoming you and assisting you with the success of your research.

.....
CHARLENE WHITE - CHRISTIAN (MPHIL., MSC., BSC.)
MODERN LANGUAGES COORDINATOR

Annexe 2 – Deuxième lettre d'autorisation pour l'enquête en Dominique



COMMONWEALTH OF DOMINICA
MINISTRY OF EDUCATION AND HUMAN RESOURCE DEVELOPMENT
EDUCATION DIVISION

Tel: (767) 266 5514
Fax: (767) 448 1701
E-mail: chiefeduoff@education.gov.dm
Website: www.dominica.gov.dm

Education, Science and
Technology Building
Cornwall Street
Roseau

April 24, 2017

Ms. Claire Anjou
PhD student in Sciences Education
Université des Antilles
Guadeloupe

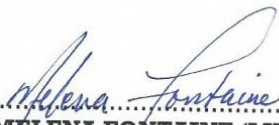
Dear Madam,

Your email, seeking assistance with your research paper refers.

Permission is granted to seek assistance from the Principal and Staff of Pierre Charles Secondary School and St Mary's Academy with your research project which focuses on science education in Guadeloupe, Martinique and Dominica, and more specifically, science education in the geothermic field.

Please ensure that you keep within the ethical guidelines as determined by your ethics committee. I wish you success in your studies.

Sincerely,


.....
MELENA FONTAINE (MRS.)
CHIEF EDUCATION OFFICER (Ag.)

MF/iv

c.c Permanent Secretary / Ministry of Education and Human Resource Development
Senior Education Officer/ Secondary Schools

"Embracing the Challenge: Rethink, Rebuild, Transform"

Annexe 3 – Questionnaire de l'enquête sur les conceptions d'élèves en Français

Questionnaire : L'énergie Géothermique

Tu es sollicité pour participer à un questionnaire portant sur la géothermie, dans le cadre d'une étude menée par le Centre de Ressources et de Recherches en éducation et formation (CRREF, Université des Antilles). Ce questionnaire est anonyme et ne participe pas à ton évaluation. Il t'est demandé de répondre individuellement et spontanément à chacune des questions, dans l'ordre. Tu disposes de 20 minutes maximum.

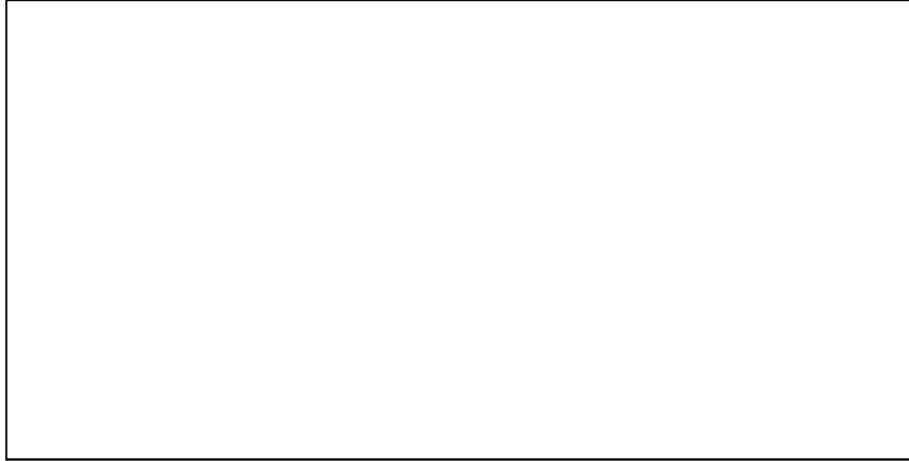
1 - Qu'est ce que la géothermie selon toi ? (donne ta définition)

2 - A quoi sert la géothermie, pourquoi on l'utilise ?

3 - Donne ton avis concernant les affirmations suivantes : coche une réponse par ligne.

La géothermie.....	Tout à fait d'accord	D'accord	Pas trop d'accord	Pas du tout d'accord	Ne sais pas
A - Est une technique bien maîtrisée					
B - Nécessite d'être développée					
C - Est une énergie propre					
D - Est une énergie disponible en permanence					
E - Est un atout économique à l'exportation					
F - Contribue à l'indépendance énergétique					
G - Contribue au développement durable					
H - Contribue à la protection de l'environnement					
I - Génère de l'emploi					
J - Génère des activités type éco-tourisme					
K - Fait baisser la facture d'électricité					
L - Nuit à l'environnement					
M - Nuit à la biodiversité					
N - Nuit à la santé humaine					
O - Présente un risque pour le sous-sol					
P - Nuit à l'activité touristique					
Q - Est rentable					

4 - Dessine une exploitation géothermique. Tu peux mettre des légendes et des explications.



5 - Connais-tu des installations de production à partir de géothermie? Si oui, lesquelles ?

6 - As-tu déjà entendu parler de la géothermie ? (coche une case)

Oui Non Ne sais pas

7 - Où est ce que tu en as entendu parler le plus souvent ? (coche une case)

Avec ta famille A l'école
 Avec tes camarades Dans les médias
 Autres : _____

8 - a - Est-ce que tu as déjà entendu parler de la géothermie en classe ? (coche une case)

Oui Non Ne sais pas

- 8 - b - Si oui, Dans quel cadre ? (coche une ou plusieurs cases si tu as répondu « oui » à la question 8a)

- Cours magistral
- Débat en classe
- Projet en groupe
- Sortie de terrain
- Visite d'installation
- Autre : _____

- 8 - c - En quelle classe étais-tu ? (répond si tu as répondu « oui » à la question 8a).

- 8 - d - Qu'avais-tu appris à cette occasion ? (répond si tu as répondu « oui » à la question 8a)

- 9 - a - Es-tu plutôt favorable ou défavorable au développement de la géothermie ? (coche une case)

Complètement Favorable	Favorable	Indifférent	Défavorable	Complètement Défavorable

- 9 - b - Pour quelle(s) raison(s) ?

- 10 - Est-ce que tu penses être assez informé sur le sujet ? (coche une case)

- Oui
- Non
- Ne sais pas

- 11 - a - Est-ce que tu aimerais en parler plus souvent ? (coche une case)

- Oui
- Non
- Ne sais pas

- 11 - b - Avec qui ? (coche une ou plusieurs cases)

- Avec ta famille
- A l'école
- Avec tes camarades
- Dans les médias
- Autres : _____

Merci !

Annexe 4 – Questionnaire de l'enquête sur les conceptions d'élèves en Anglais



Survey : Geothermal Energy

This questionnaire is part of a Science Education project dealing with geothermal and scientific conceptions. We are happy to contact you and kindly ask you to participate to this study, led by the "Researches and Resources Center in Education and Learning" (CRREF, Université des Antilles). The survey is anonymous and thus does not impact your grades. The information extracted will only be used for scientific purpose. Answers shall be individual and spontaneous, and questions should be answered following their numeration. The total duration of this survey should be roughly 20 minutes.

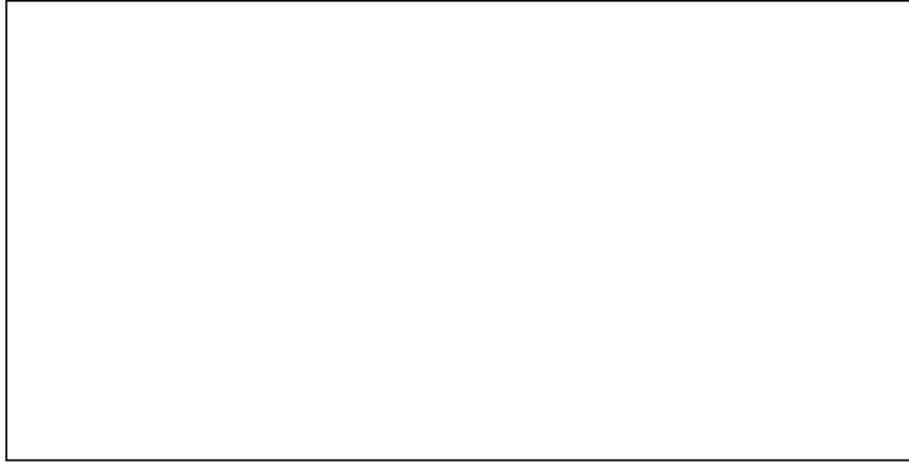
1 - What is geothermal? (Give your own definition)

2 - What is geothermal energy used for?

3 - Give your opinion about the following sentences:

Geothermal energy...	Fully agree	agree	Don't really agree	Disagree	Don't know
A - Is a well controlled technique					
B - Needs to be improved					
C - Is a clean energy					
D - Is a continuously renewable energy					
E - Is an economic asset to exportation					
F - Contributes to the energetic independence					
G - Contributes to a sustainable development					
H - Contributes to protect the environment					
I - Creates employment					
J - Generates ecotourism activities					
K - Reduces household electricity bills					
L - Harms the environment					
M - Harms the biodiversity					
N - Affects human health					
O - Creates a risk for subsoil					
P - Harms the tourism activity					
Q - Is profitable					

4 - Draw a geothermal exploitation. You can add legends and explanation.



5 – Do you know infrastructure related to geothermal? Which one?

6 - Have you already heard about geothermal energy? (Tick one box)

Yes No

7 - Where have you heard about it? (Tick one box)

With your family At school
 With your comrades In the media
 Other: _____

8 - a - Have you ever heard about geothermal in class? (Tick one box)

Yes No I don't know

- 8 - b - In which context ?

- Lecture course Debate
 Group Project Field visit
 Infrastructure visit Other: _____

- 8 - c - What grade were you in? (answer if you said "yes" to question 8a)

- 8 - d - If you did hear about it in class, what did you learn?

9 – Are you rather pro or against the development of geothermal exploitation? (Tick in the box)

Fully favourable	Favourable	Indifferent	Unfavourable	Fully Unfavourable

- For what reason(s)?

10 – Do you think that you are well informed about it? (Tick one box)

- Yes No I don't know

11– Would you like to talk about it more often? (Tick one box)

- Yes No I don't know

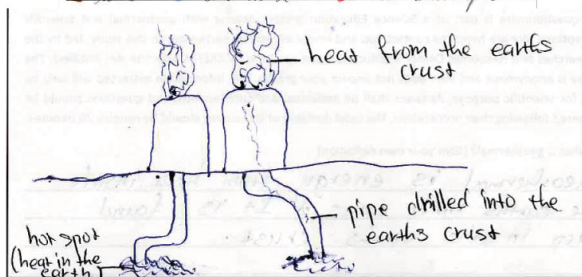
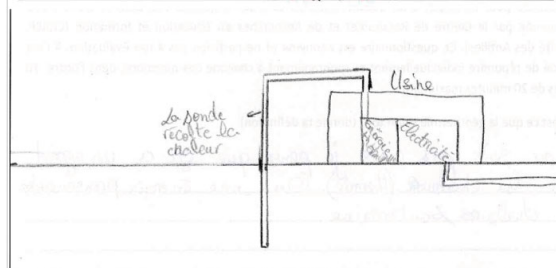
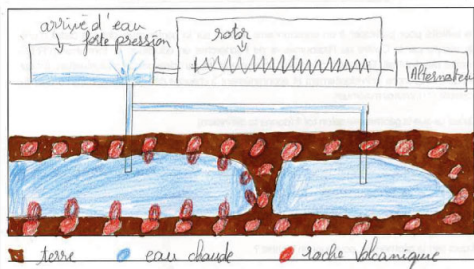
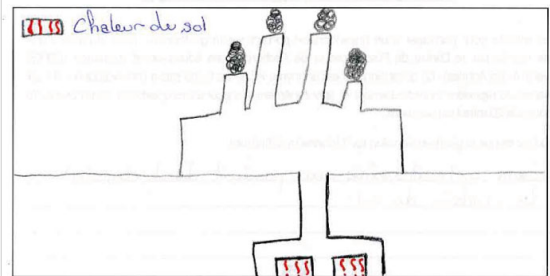
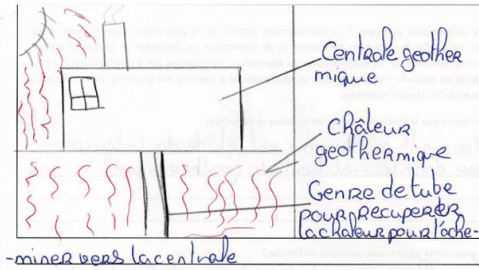
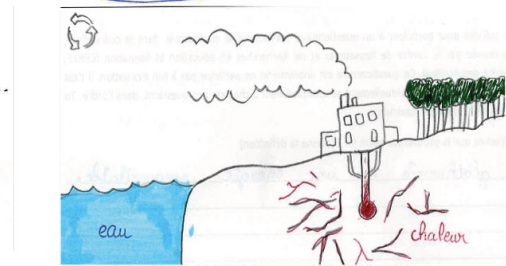
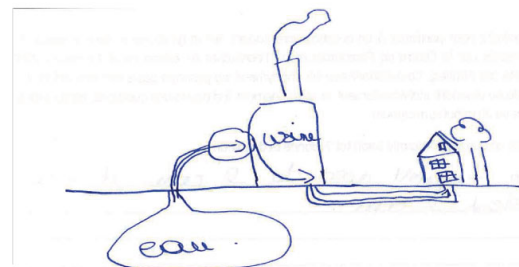
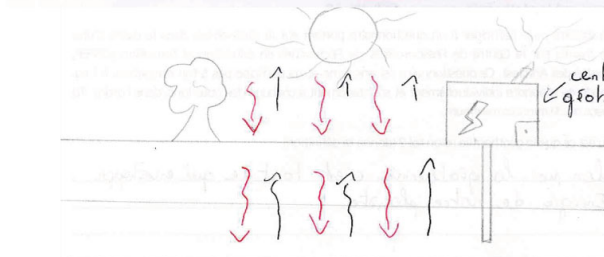
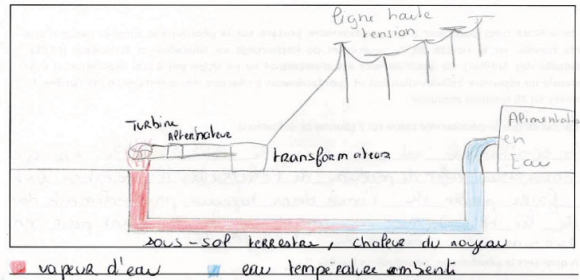
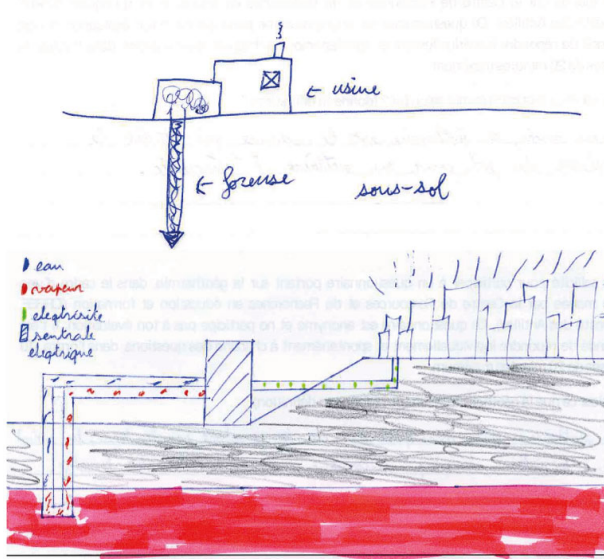
- With whom? (Tick one or more boxes)

- With Your family At school
 With your friends In the media
 Other: _____

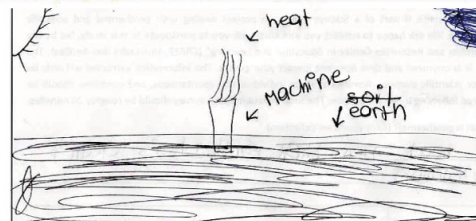
Thanks !

Annexe 5 - Planches de dessins : question 4

• Modalité 1

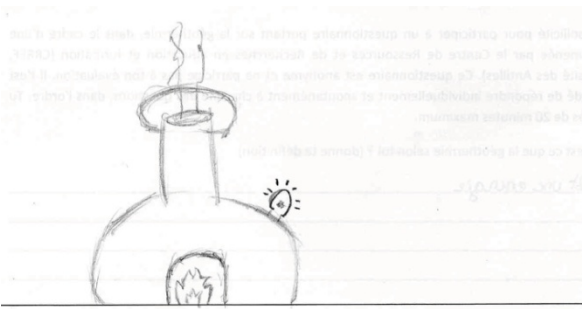


la chaleur passe par la sonde et est convertit en électricité

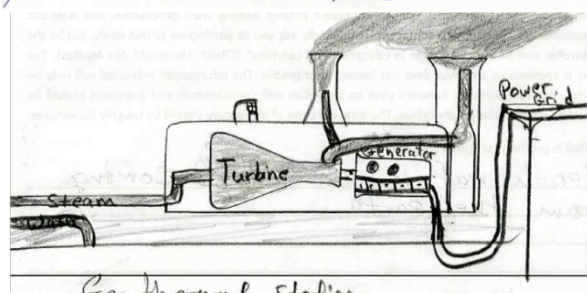
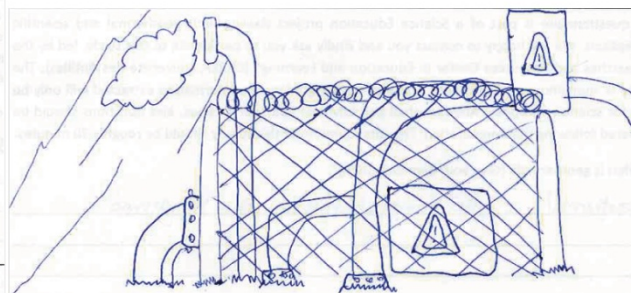


pipes are drilled into the earth crust to extract the heat from inside the earth's core.

- **Modalité 2**



Je ne sais ce que c'est mais ça me fait penser à la



Geothermal Station

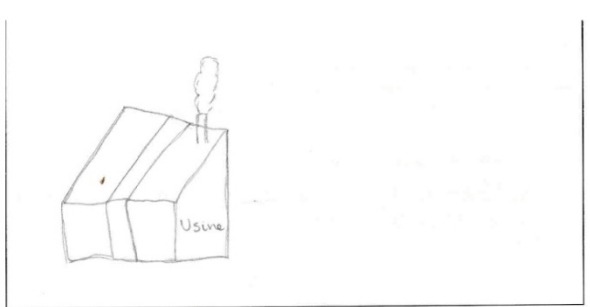
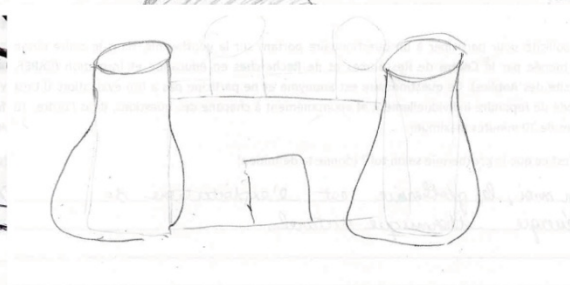
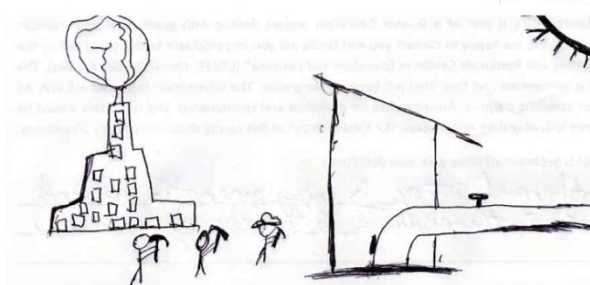
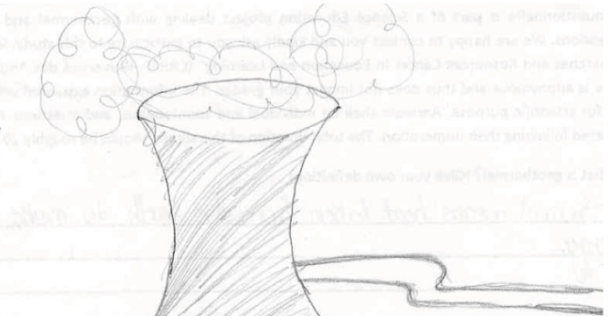
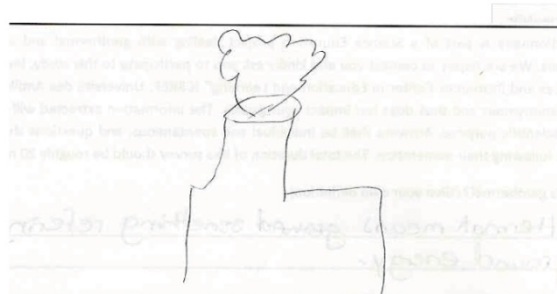
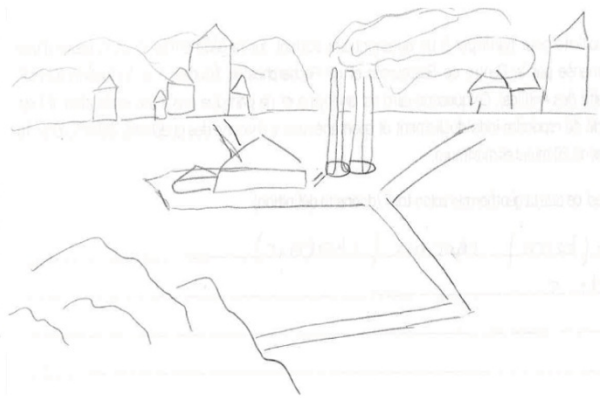
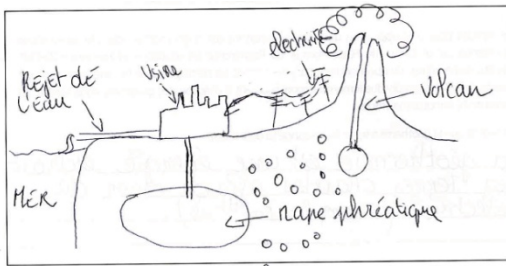


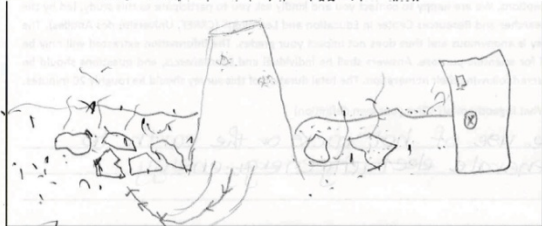
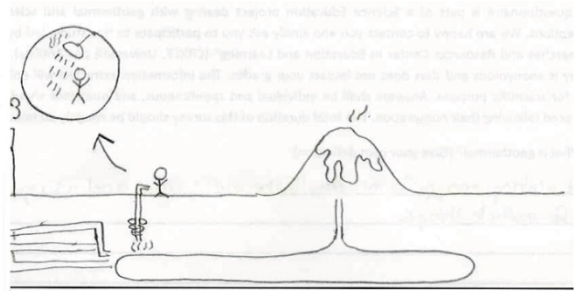
Schéma de l'exploitation géothermique



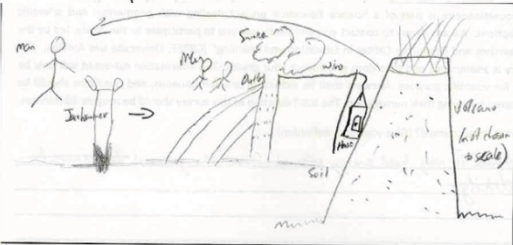
• Modalité 3



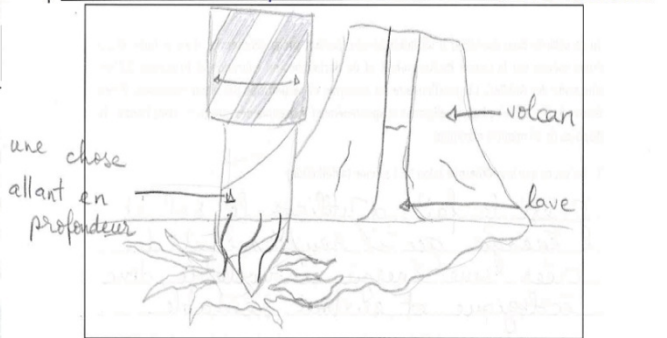
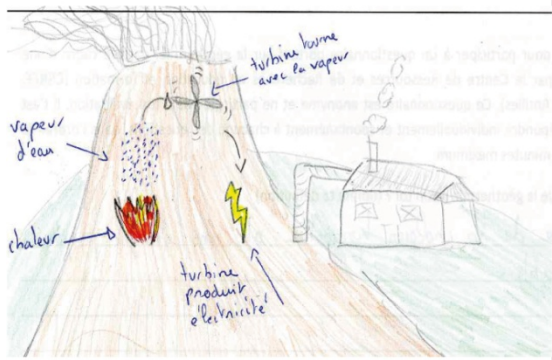
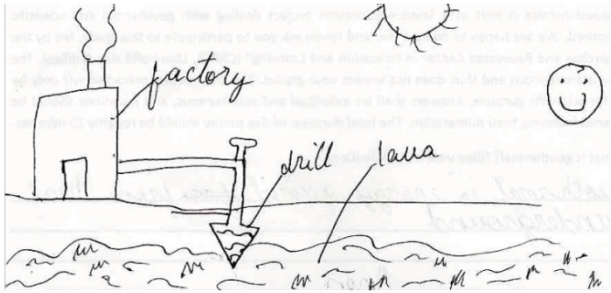
Une prise l'eau de la nappe phréatique et sous la pression l'eau se transforme en électricité. L'eau ensuite est rejeté dans la mer.



Heat from volcanic rock captured to generate electricity.

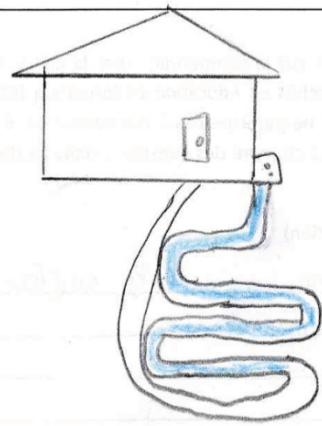
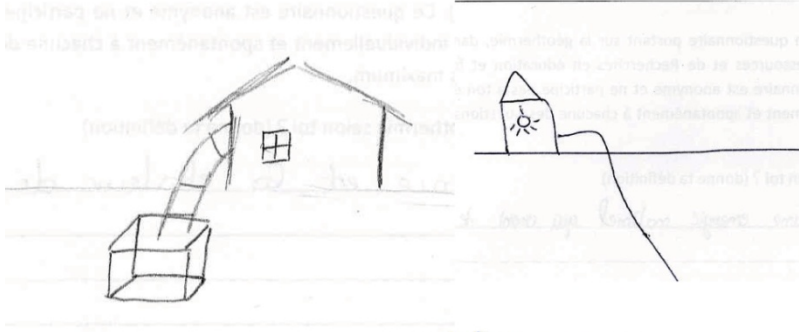


A little part of thermal energy. It's not a concrete spot further away and drill the it is easier to an mt. and some is given from the ground. It then goes to a turbine.

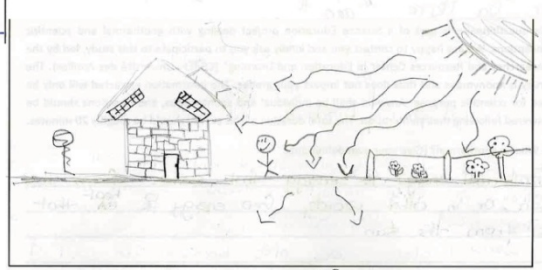
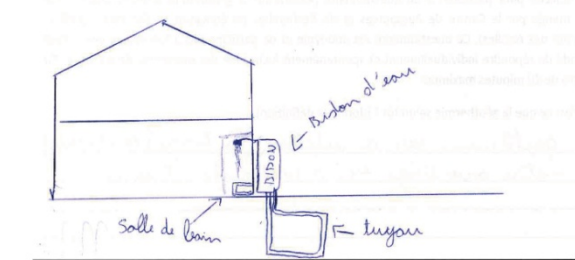
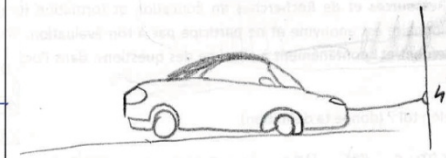


Un engin qui convertit l'énergie thermique en énergie électrique
))) : La chaleur produite

• Modalité 4



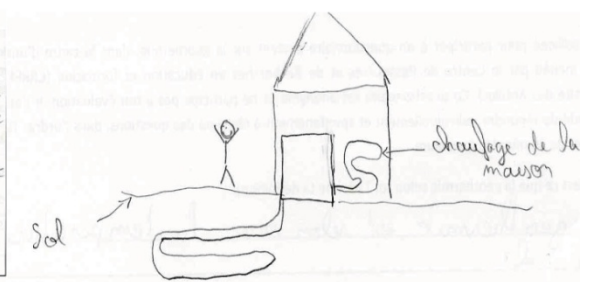
Chauffage	
Stockage	
tuyaux permettant d'évacuer la chaleur du sol	
la chaleur présente dans le sol	



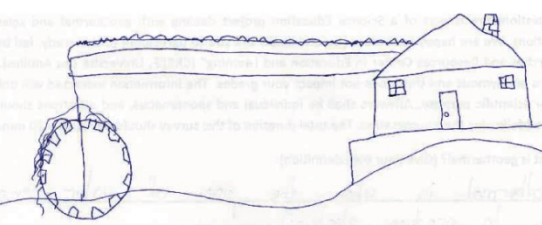
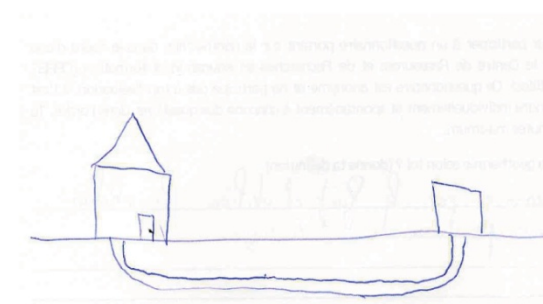
The heat of sun rays hits on the house, ground, plants and even us and the heat gets absorbed and makes the house warm, plants grow and we get vitamin D.

Avant d'arriver à la douche l'eau passe sous la terre pour augmenter sa température.

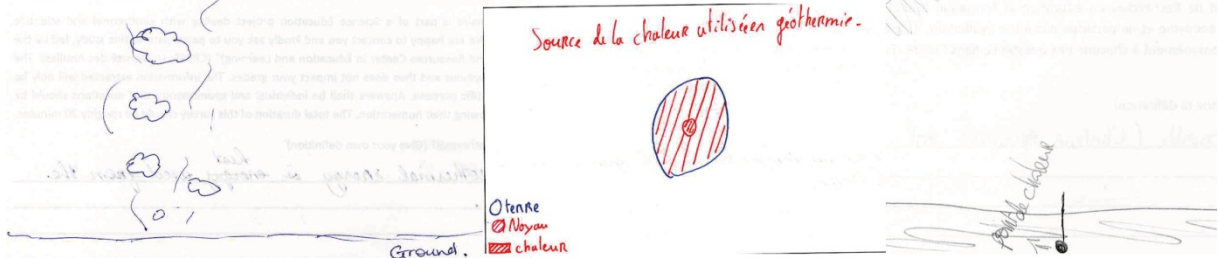
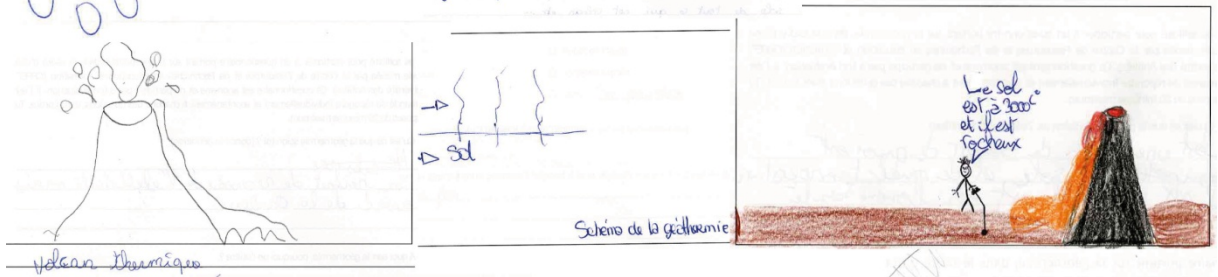
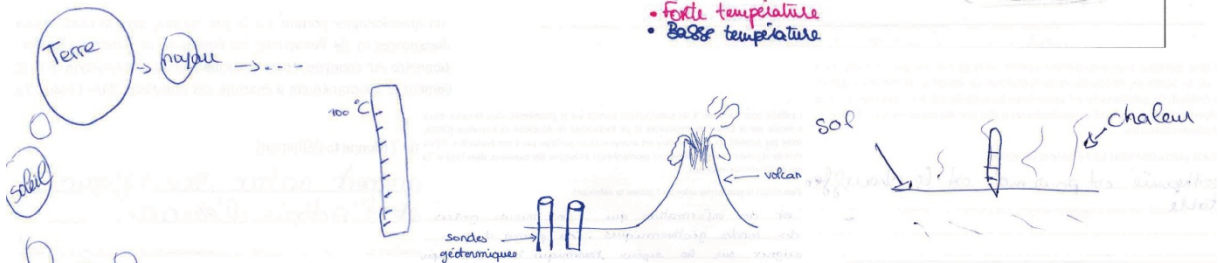
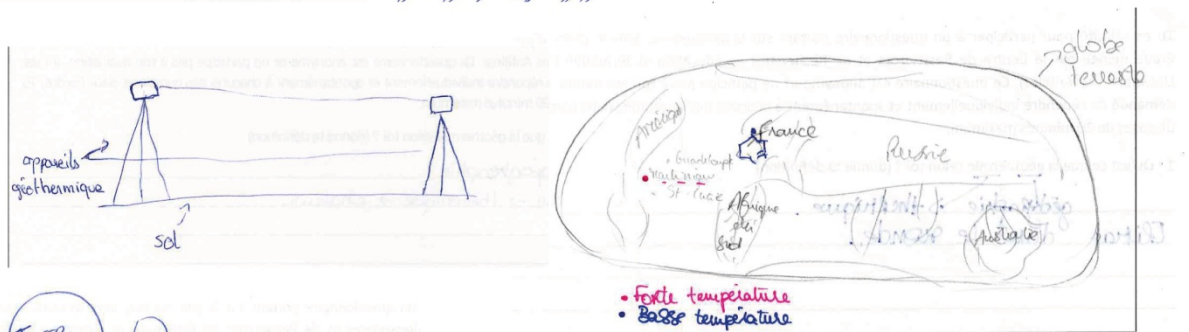
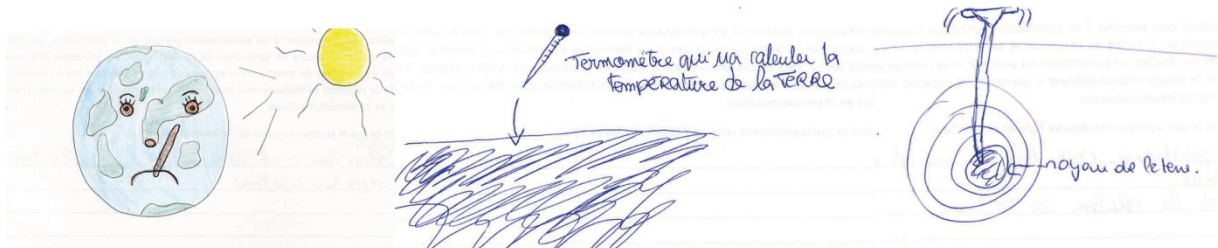
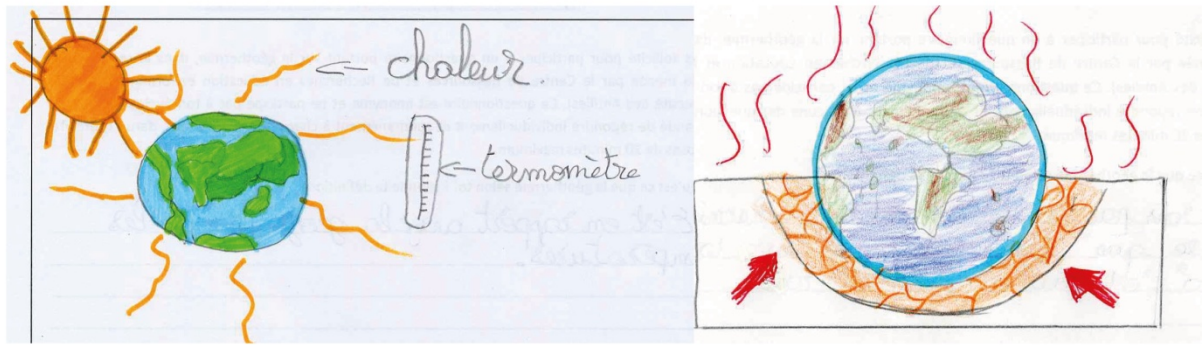
Servent à capturer la chaleur	Tuyaux basse profondeur	Recueille et diffuse la chaleur des tuyaux
	Tuyaux profonds (capturent plus de chaleur mais sont plus chers)	



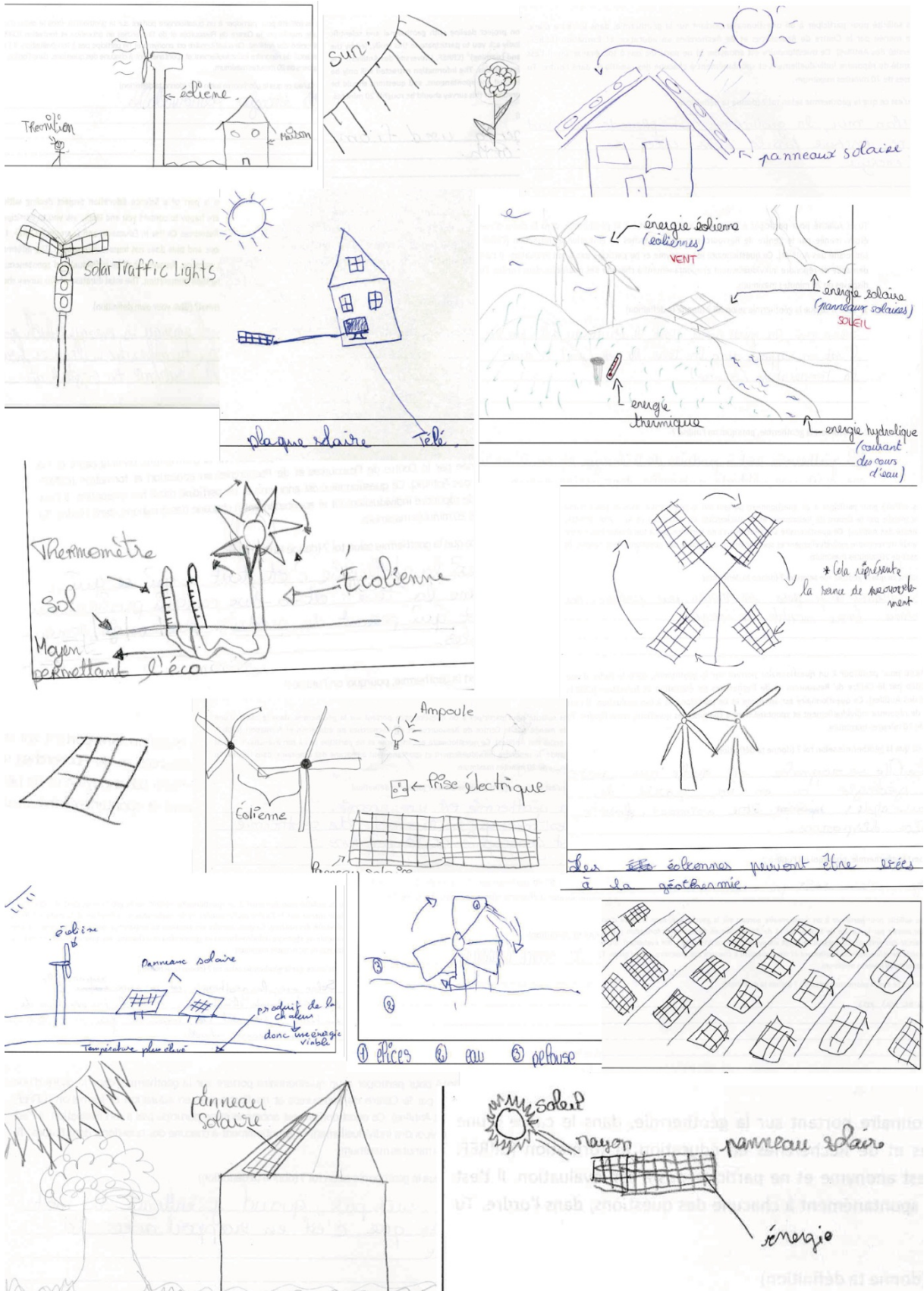
On fait circuler de l'eau dans les tuyaux, elle se réchauffe et on peut ensuite la faire passer dans toute la maison (sol/plancher chauffants).



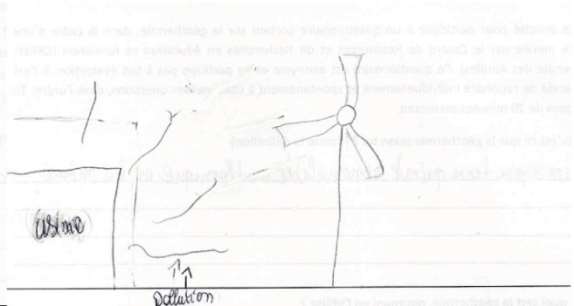
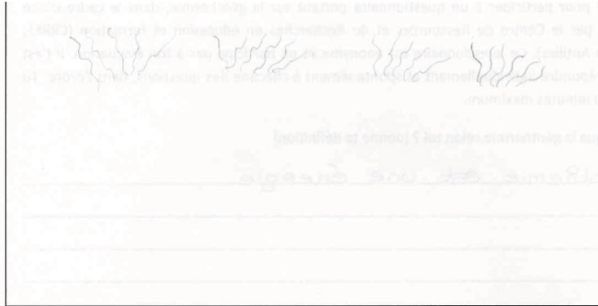
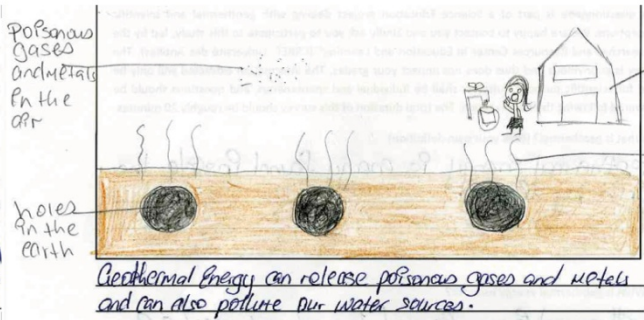
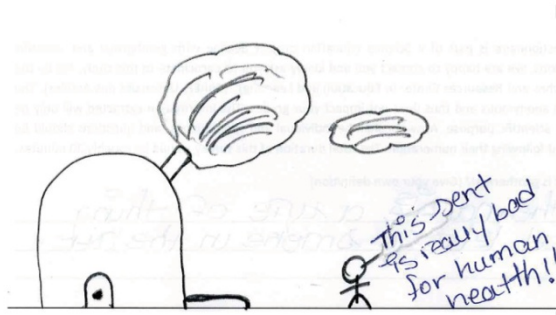
• Modalité 5



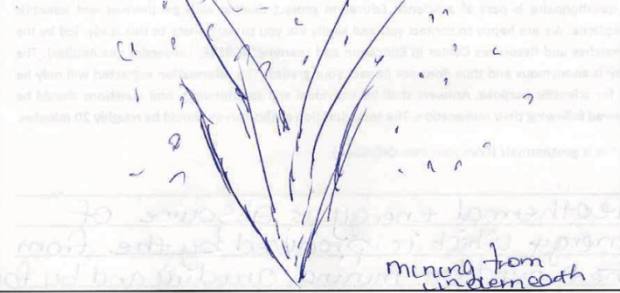
• Modalité 6



• Modalité 7

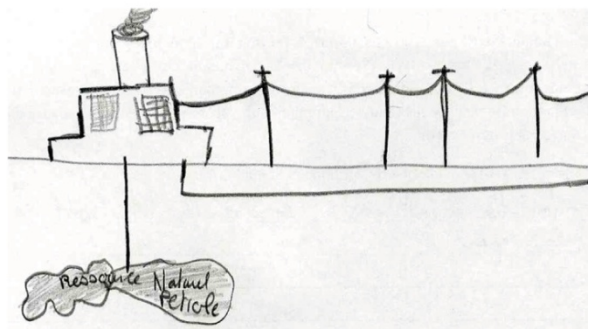
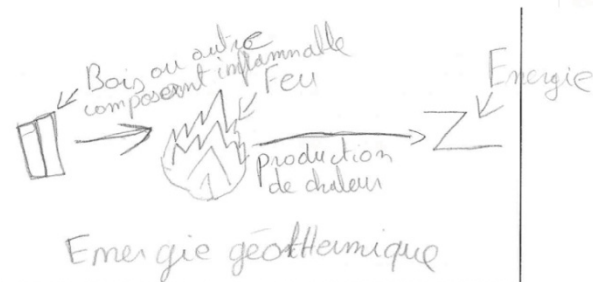
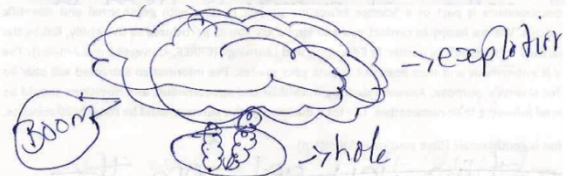
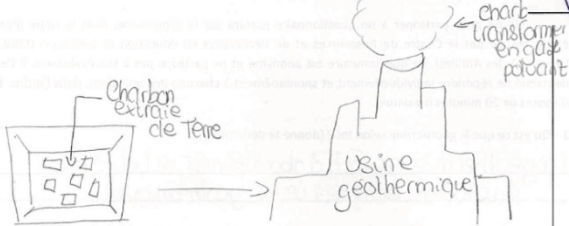


= pollution (l'air est pollué)

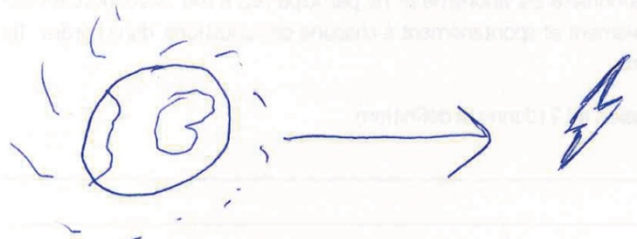
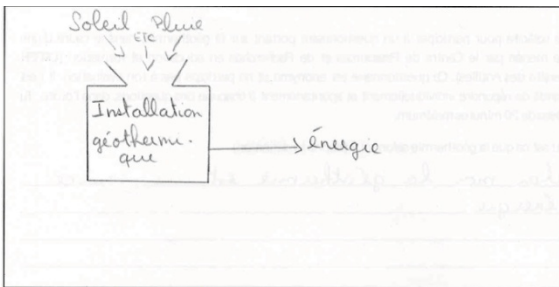


It is under the earth's surface and then explodes because too much pressure

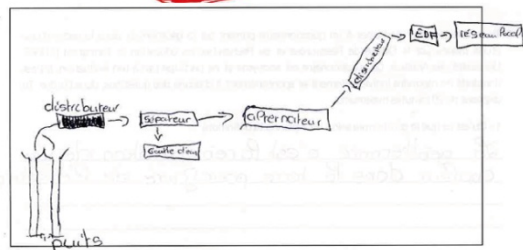
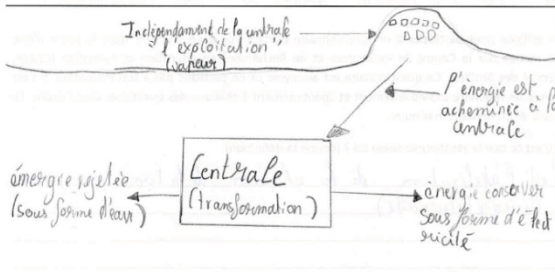
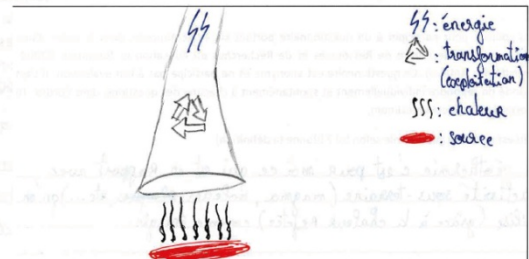
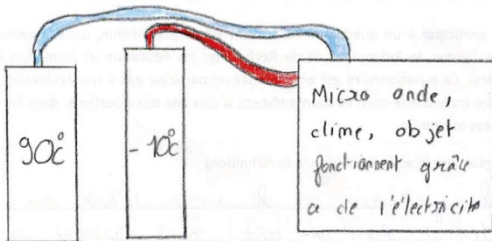
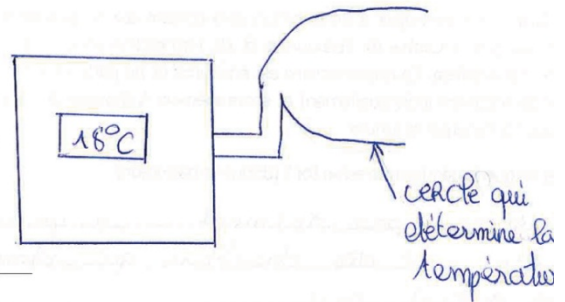
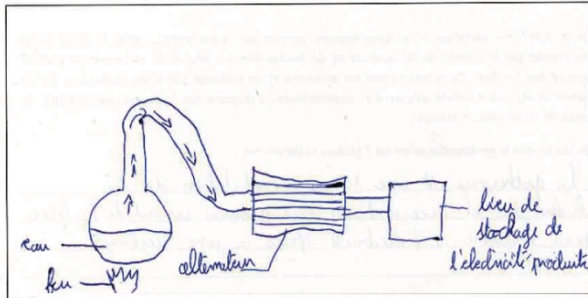
Too much pressure caused it to explode / spill



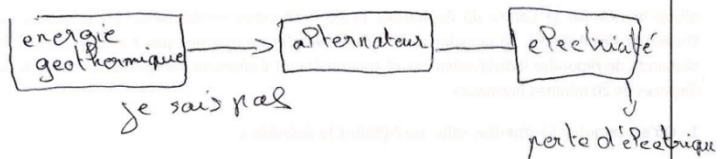
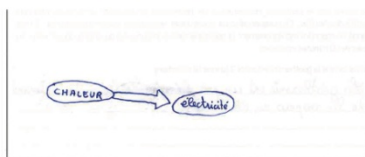
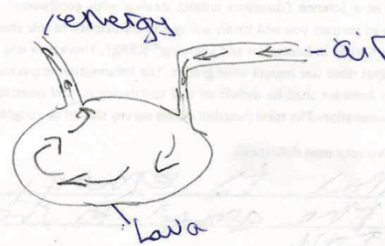
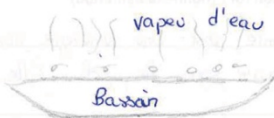
• Modalité 8



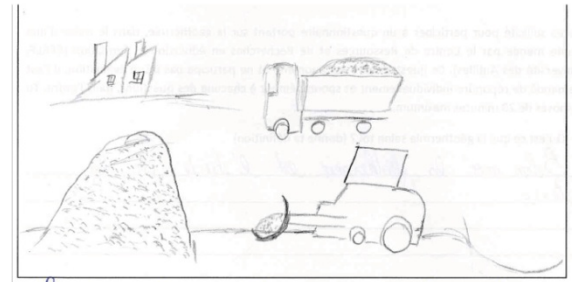
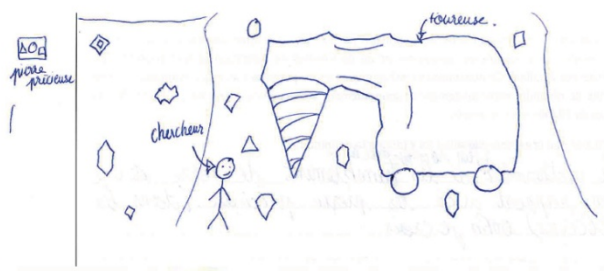
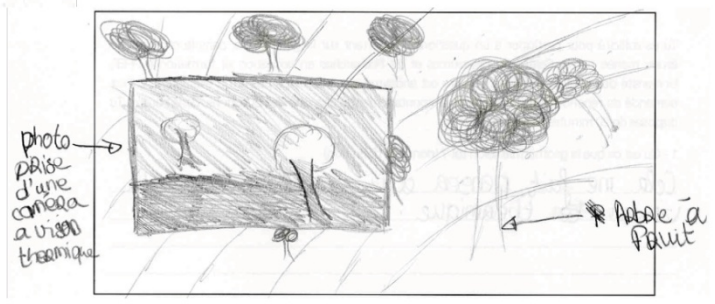
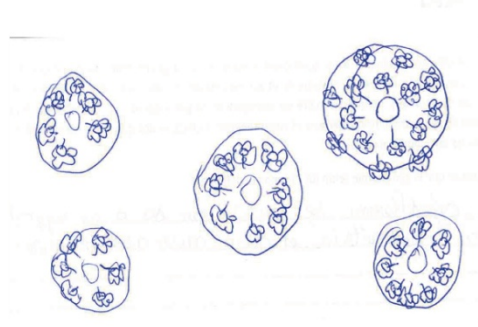
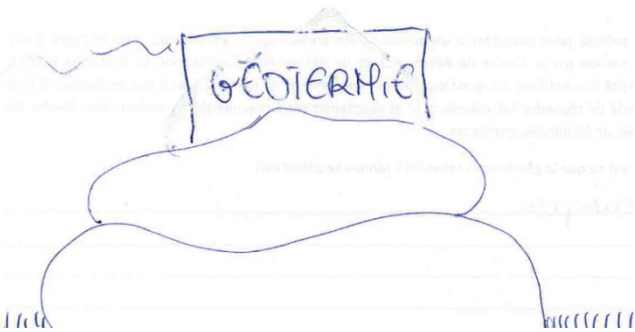
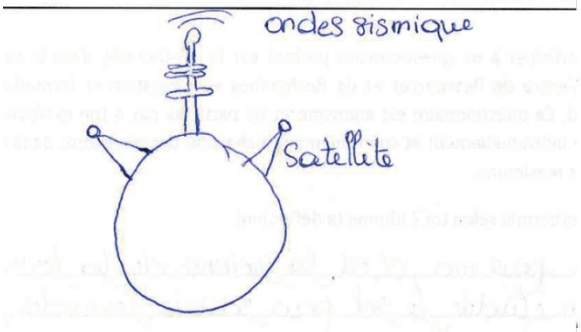
Pour moi la géothermie, aide à créer de l'énergie



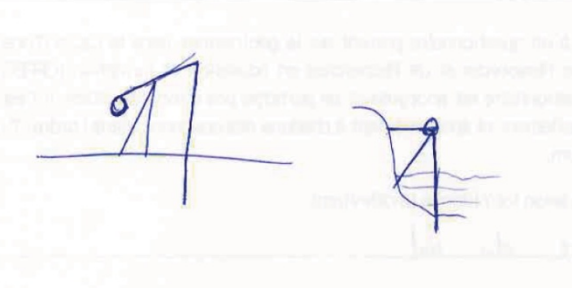
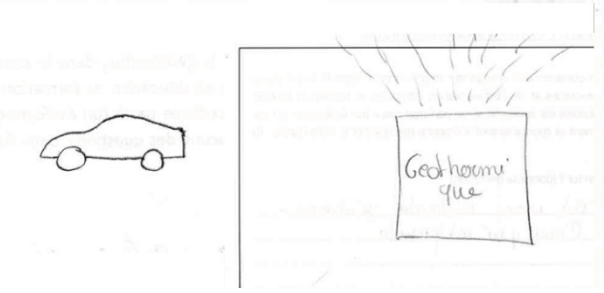
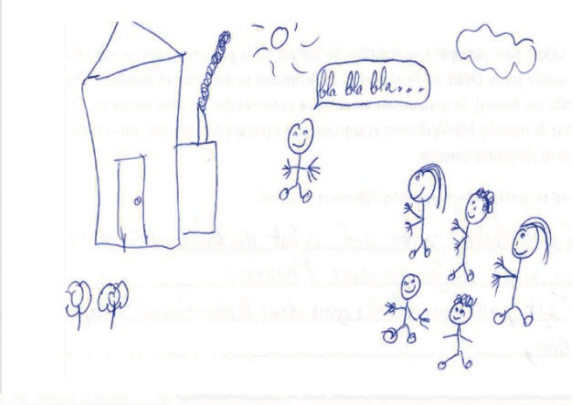
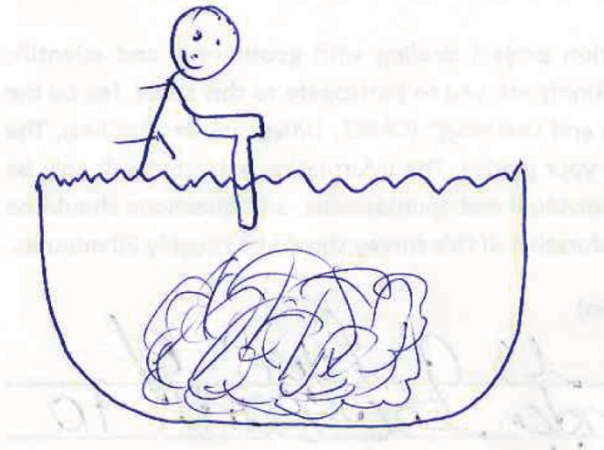
Turbine et Alternateur



• Modalité 9



la terre est recuperée puis emmenee dans des usine pour



Annexe 6 – Analyse One Way ANOVA réalisée avec SPSS et tests post-hoc

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
volcan	Between Groups	,243	2	,122	3,013	,049
	Within Groups	54,348	1346	,040		
	Total	54,592	1348			
lumière	Between Groups	,676	2	,338	23,910	,000
	Within Groups	19,027	1346	,014		
	Total	19,703	1348			
soleil	Between Groups	,088	2	,044	1,688	,185
	Within Groups	34,952	1346	,026		
	Total	35,039	1348			
éolienne	Between Groups	,014	2	,007	1,859	,156
	Within Groups	4,968	1346	,004		
	Total	4,981	1348			
eau	Between Groups	2,141	2	1,070	22,125	,000
	Within Groups	65,122	1346	,048		
	Total	67,263	1348			
chaleur	Between Groups	7,586	2	3,793	18,126	,000
	Within Groups	281,651	1346	,209		
	Total	289,236	1348			

Tests Post Hoc

Multiple Comparisons

LSD

Dependent Variable	(I) île	(J) île	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
volcan	Martinique	Guadeloupe	-,031*	,013	,039	-,06	,00
		Dominique	-,013	,014	,603	-,05	,02
	Guadeloupe	Martinique	,031*	,013	,039	,00	,06
		Dominique	,018	,014	,386	-,01	,05
	Dominique	Martinique	,013	,014	,603	-,02	,05
		Guadeloupe	-,018	,014	,386	-,05	,01
lumière	Martinique	Guadeloupe	,002	,008	,960	-,02	,02
		Dominique	-,049*	,008	,000	-,07	-,03
	Guadeloupe	Martinique	-,002	,008	,960	-,02	,02
		Dominique	-,051*	,008	,000	-,07	-,03
	Dominique	Martinique	,049*	,008	,000	,03	,07
		Guadeloupe	,051*	,008	,000	,03	,07
soleil	Martinique	Guadeloupe	,017	,010	,220	,00	,04
		Dominique	,001	,011	,996	-,03	,03
	Guadeloupe	Martinique	-,017	,010	,220	-,04	,01
		Dominique	-,016	,011	,311	-,04	,01
	Dominique	Martinique	-,001	,011	,996	-,03	,03
		Guadeloupe	,016	,011	,311	,00	,04
éolienne	Martinique	Guadeloupe	-,004	,004	,553	-,01	,01
		Dominique	-,008	,004	,133	-,02	,00
	Guadeloupe	Martinique	,004	,004	,553	,00	,01
		Dominique	-,004	,004	,597	-,01	,01
	Dominique	Martinique	,008	,004	,133	,00	,02
		Guadeloupe	,004	,004	,597	,00	,01
eau	Martinique	Guadeloupe	-,093*	,014	,000	-,13	-,06
		Dominique	-,060*	,015	,000	-,10	-,02
	Guadeloupe	Martinique	,093*	,014	,000	,06	,13
		Dominique	,033	,015	,075	,00	,07
	Dominique	Martinique	,060*	,015	,000	,02	,10
		Guadeloupe	-,033	,015	,075	-,07	,00
chaleur	Martinique	Guadeloupe	,006	,029	,976	-,06	,07
		Dominique	-,165*	,032	,000	-,24	-,09
	Guadeloupe	Martinique	-,006	,029	,976	-,07	,06
		Dominique	-,171*	,031	,000	-,24	-,10
	Dominique	Martinique	,165*	,032	,000	,09	,24
		Guadeloupe	,171*	,031	,000	,10	,24

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

volcan

Tukey HSD

file	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	
Martinique	481	,03	
Dominique	372	,04	
Guadeloupe	496	,06	
Sig.		,053	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed

lumiere

Tukey HSD

file	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Guadeloupe	496	,00	
Martinique	481	,00	
Dominique	372		,05
Sig.		,963	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

eau

Tukey HSD

file	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Martinique	481	,00	
Dominique	372		,06
Guadeloupe	496		,09
Sig.		1,000	,067

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

chaleur

Tukey HSD

file	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Guadeloupe	496	,26	
Martinique	481	,27	
Dominique	372		,43
Sig.		,979	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Annexe 7 - Tableau croisés et tests de χ^2 réalisés avec Statistica

- Tableaux croisés et χ^2 avec la variable « île »

Iles	
1	Martinique
2	Guadeloupe
3	Dominique

Lycées					
1	Bellefontaine	6	Basse-Terre	10	Castle Bruce
2	Trinité	7	Sainte-Anne	11	St Martin sec. school
3	Schœlcher	8	Abymes	12	St Mary's Academy
4	Acajou	9	Pointe-Noire	13	Grand Bay
5	Ducos				

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)														
Effectifs en surbrillance > 10														
(effectifs marginaux non marqués)														
ILE	LYC 1	LYC 2	LYC 3	LYC 4	LYC 5	LYC 6	LYC 7	LYC 8	LYC 9	LYC 10	LYC 11	LYC 12	LYC 13	Totaux Ligne
1	90	89	55	28	219	0	0	0	0	0	0	0	0	481
2	0	0	0	0	0	177	213	29	77	0	0	0	0	496
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114	57	79	122	372
Ts Grpes	90	89	55	28	219	177	213	29	77	114	57	79	122	1349

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)									
Effectifs en surbrillance > 10									
(effectifs marginaux non marqués)									
ILE	Q1 1	Q1 2	Q1 3	Q1 4	Q1 5	Q1 6	Q1 7	Q1 8	Totaux Ligne
1	40	149	7	81	11	38	113	42	481
2	61	154	44	67	8	13	75	74	496
3	25	228	27	20	0	0	19	53	372
Ts Grpes	126	531	78	168	19	51	207	169	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)									
Effectifs en surbrillance > 10									
Chi ² de Pearson : 219,011, dl=14, p=0,00000									
ILE	Q1 1	Q1 2	Q1 3	Q1 4	Q1 5	Q1 6	Q1 7	Q1 8	Totaux Ligne
1	44,9266	189,3336	27,81171	59,9021	6,77465	18,18458	73,8080	60,2587	481,000
2	46,3277	195,2380	28,67902	61,7702	6,98592	18,75167	76,1097	62,1379	496,000
3	34,7457	146,4285	21,50927	46,3277	5,23944	14,06375	57,0823	46,6034	372,000
Ts Grpes	126,0000	531,0000	78,00000	168,0000	19,00000	51,00000	207,0000	169,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)									
Effectifs en surbrillance > 10									
Chi ² de Pearson : 219,011, dl=14, p=0,00000									
ILE	Q1 1	Q1 2	Q1 3	Q1 4	Q1 5	Q1 6	Q1 7	Q1 8	Totaux Ligne
1	-4,92661	-40,3336	-20,8117	21,0979	4,22535	19,8154	39,1920	-18,2587	0,000000
2	14,67235	-41,2380	15,3210	5,2298	1,01408	-5,7517	-1,1097	11,8621	0,000000
3	-9,74574	81,5715	5,4907	-26,3277	-5,23944	-14,0638	-38,0823	6,3966	-0,000000
Ts Grpes	-0,00000	0,0000	-0,0000	0,0000	-0,00000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)											
Effectifs en surbrillance > 10											
(effectifs marginaux non marqués)											
ILE	Q4 1	Q4 2	Q4 3	Q4 4	Q4 5	Q4 6	Q4 7	Q4 8	Q4 9	Q4 10	Totaux Ligne
1	93	12	0	26	106	89	9	13	33	100	481
2	87	43	32	8	29	39	4	44	49	161	496
3	53	38	10	9	34	9	6	11	40	162	372
Ts Grpes	233	93	42	43	169	137	19	68	122	423	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)												
Effectifs en surbrillance > 10												
Chi² de Pearson : 247,153, dl=18, p=0,00000												
ILE	Q4 1	Q4 2	Q4 3	Q4 4	Q4 5	Q4 6	Q4 7	Q4 8	Q4 9	Q4 10	Totaux Ligne	
1	83,0786	33,16012	14,97554	15,33210	60,2587	48,8488	6,77465	24,24611	43,5004	150,8251	481,000	
2	85,6694	34,19422	15,44255	15,81023	62,1379	50,3721	6,98592	25,00222	44,8569	155,5285	496,000	
3	64,2520	25,64566	11,58191	11,85767	46,6034	37,7791	5,23944	18,75167	33,6427	116,6464	372,000	
Ts Grpes	233,0000	93,00000	42,00000	43,00000	169,0000	137,0000	19,00000	68,00000	122,0000	423,0000	1349,000	

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)												
Effectifs en surbrillance > 10												
Chi² de Pearson : 247,153, dl=18, p=0,00000												
ILE	Q4 1	Q4 2	Q4 3	Q4 4	Q4 5	Q4 6	Q4 7	Q4 8	Q4 9	Q4 10	Totaux Ligne	
1	9,9214	-21,1601	-14,9755	10,66790	45,7413	40,1512	2,22535	-11,2461	-10,5004	-50,8251	0,000000	
2	1,3306	8,8058	16,5574	-7,81023	-33,1379	-11,3721	-2,98592	18,9978	4,1431	5,4715	0,000000	
3	-11,2520	12,3543	-1,5819	-2,85767	-12,6034	-28,7791	0,76056	-7,7517	6,3573	45,3536	-0,000000	
Ts Grpes	-0,0000	0,0000	0,0000	-0,00000	0,0000	0,0000	0,00000	-0,0000	0,0000	-0,0000	-0,000000	

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)									
Effectifs en surbrillance > 10									
(effectifs marginaux non marqués)									
ILE	Q5 1	Q5 2	Q5 3	Q5 4	Q5 5	Q5 6	Q5 7	Q5 8	Totaux Ligne
1	0	5	0	0	7	9	61	399	481
2	146	19	0	0	0	3	34	294	496
3	0	0	38	49	5	7	4	269	372
Ts Grpes	146	24	38	49	12	19	99	962	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 568,038, dl=14, p=0,00000

ILE	Q5 1	Q5 2	Q5 3	Q5 4	Q5 5	Q5 6	Q5 7	Q5 8	Totaux Ligne
1	52,0578	8,55745	13,54930	17,47146	4,27872	6,77465	35,29948	343,0111	481,000
2	53,6812	8,82431	13,97183	18,01631	4,41216	6,98592	36,40030	353,7079	496,000
3	40,2609	6,61824	10,47887	13,51223	3,30912	5,23944	27,30022	265,2809	372,000
Ts Grpes	146,0000	24,00000	38,00000	49,00000	12,00000	19,00000	99,00000	962,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 568,038, dl=14, p=0,00000

ILE	Q5 1	Q5 2	Q5 3	Q5 4	Q5 5	Q5 6	Q5 7	Q5 8	Totaux Ligne
1	-52,0578	-3,55745	-13,5493	-17,4715	2,72128	2,22535	25,7005	55,9889	-0,000000
2	92,3188	10,17569	-13,9718	-18,0163	-4,41216	-3,98592	-2,4003	-59,7079	0,000000
3	-40,2609	-6,61824	27,5211	35,4878	1,69088	1,76056	-23,3002	3,7191	0,000000
Ts Grpes	0,0000	0,00000	-0,0000	-0,0000	0,00000	-0,00000	0,0000	0,0000	0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 (effectifs marginaux non marqués)

ILE	Q6 1	Q6 2	Q6 3	Q6 4	Totaux Ligne
1	295	131	41	14	481
2	383	79	24	10	496
3	346	22	0	4	372
Ts Grpes	1024	232	65	28	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 119,145, dl=6, p=0,00000

ILE	Q6 1	Q6 2	Q6 3	Q6 4	Totaux Ligne
1	365,118	82,7220	23,17643	9,98369	481,000
2	376,504	85,3017	23,89918	10,29503	496,000
3	282,378	63,9763	17,92439	7,72128	372,000
Ts Grpes	1024,000	232,0000	65,00000	28,00000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 119,145, dl=6, p=0,00000

ILE	Q6 1	Q6 2	Q6 3	Q6 4	Totaux Ligne
1	-70,1179	48,2780	17,8236	4,01631	-0,000000
2	6,4959	-6,3017	0,1008	-0,29503	0,000000
3	63,6219	-41,9763	-17,9244	-3,72128	-0,000000
Ts Grpes	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000	0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 (effectifs marginaux non marqués)

ILE	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	226	169	86	481
2	287	150	59	496
3	267	79	26	372
Ts Grpes	780	398	171	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 56,1755, dl=4, p=,000000

ILE	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	278,1171	141,9110	60,9718	481,000
2	286,7902	146,3365	62,8732	496,000
3	215,0927	109,7524	47,1549	372,000
Ts Grpes	780,0000	398,0000	171,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 56,1755, dl=4, p=,000000

ILE	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	-52,1171	27,0890	25,0282	-0,000000
2	0,2098	3,6635	-3,8732	0,000000
3	51,9073	-30,7524	-21,1549	-0,000000
Ts Grpes	-0,0000	0,0000	0,0000	0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 (effectifs marginaux non marqués)

ILE	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	333	148	481
2	317	179	496
3	177	195	372
Ts Grpes	827	522	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 43,6951, dl=2, p=,000000

ILE	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	294,8755	186,1245	481,000
2	304,0712	191,9288	496,000
3	228,0534	143,9466	372,000
Ts Grpes	827,0000	522,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 43,6951, dl=2, p=,000000

ILE	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	38,1245	-38,1245	0,000000
2	12,9288	-12,9288	-0,000000
3	-51,0534	51,0534	0,000000
Ts Grpes	-0,0000	0,0000	-0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 (effectifs marginaux non marqués)

ILE	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	66	185	158	8	5	59	481
2	90	184	151	9	5	57	496
3	71	96	69	37	14	85	372
Ts Grpes	227	465	378	54	24	201	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 111,256, dl=10, p=0,00000

ILE	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	80,9392	165,8006	134,7798	19,25426	8,55745	71,6686	481,000
2	83,4633	170,9711	138,9830	19,85471	8,82431	73,9036	496,000
3	62,5975	128,2283	104,2372	14,89103	6,61824	55,4277	372,000
Ts Grpes	227,0000	465,0000	378,0000	54,00000	24,00000	201,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 111,256, dl=10, p=0,00000

ILE	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	-14,9392	19,1994	23,2202	-11,2543	-3,55745	-12,6686	-0,000000
2	6,5367	13,0289	12,0170	-10,8547	-3,82431	-16,9036	-0,000000
3	8,4025	-32,2283	-35,2372	22,1090	7,38176	29,5723	0,000000
Ts Grpes	-0,0000	0,0000	-0,0000	-0,0000	-0,00000	-0,0000	-0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 (effectifs marginaux non marqués)

ILE	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	15	407	42	17	481
2	39	382	47	28	496
3	85	198	69	20	372
Ts Grpes	139	987	158	65	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 136,830, dl=6, p=0,00000

ILE	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	49,5619	351,9251	56,3365	23,17643	481,000
2	51,1075	362,8999	58,0934	23,89918	496,000
3	38,3306	272,1749	43,5701	17,92439	372,000
Ts Grpes	139,0000	987,0000	158,0000	65,00000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 136,830, dl=6, p=0,00000

ILE	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	-34,5619	55,0749	-14,3365	-6,17643	-0,000000
2	-12,1075	19,1001	-11,0934	4,10082	0,000000
3	46,6694	-74,1749	25,4299	2,07561	-0,000000
Ts Grpes	-0,0000	0,0000	0,0000	-0,00000	-0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 (effectifs marginaux non marqués)

ILE	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	249	56	153	23	481
2	255	62	145	34	496
3	219	75	56	22	372
Ts Grpes	723	193	354	79	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 42,0157, dl=6, p=,000000

ILE	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	257,7932	68,8162	126,2224	28,16827	481,000
2	265,8325	70,9622	130,1586	29,04670	496,000
3	199,3744	53,2216	97,6190	21,78503	372,000
Ts Grpes	723,0000	193,0000	354,0000	79,00000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 42,0157, dl=6, p=,000000

ILE	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	-8,7932	-12,8162	26,7776	-5,16827	0,000000
2	-10,8325	-8,9622	14,8414	4,95330	-0,000000
3	19,6256	21,7784	-41,6190	0,21497	-0,000000
Ts Grpes	0,0000	-0,0000	-0,0000	-0,00000	-0,000000

• **Tableaux croisés et khi² avec la variable « Lycées »**

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
(effectifs marginaux non marqués)

LYC	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	30	38	22	90
2	38	31	20	89
3	29	19	7	55
4	16	10	2	28
5	113	71	35	219
6	96	56	25	177
7	123	65	25	213
8	8	17	4	29
9	60	12	5	77
10	82	25	7	114
11	38	13	6	57
12	46	26	7	79
13	101	15	6	122
Ts Grpes	780	398	171	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 112,093, dl=24, p=,000000

LYC	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	52,0385	26,5530	11,4085	90,000
2	51,4603	26,2580	11,2817	89,000
3	31,8013	16,2268	6,9718	55,000
4	16,1898	8,2609	3,5493	28,000
5	126,6271	64,6123	27,7606	219,000
6	102,3425	52,2209	22,4366	177,000
7	123,1579	62,8421	27,0000	213,000
8	16,7680	8,5560	3,6761	29,000
9	44,5219	22,7176	9,7606	77,000
10	65,9155	33,6338	14,4507	114,000
11	32,9577	16,8169	7,2254	57,000
12	45,6783	23,3076	10,0141	79,000
13	70,5411	35,9941	15,4648	122,000
Ts Grpes	780,0000	398,0000	171,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 112,093, dl=24, p=,000000

LYC	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	-22,0385	11,4470	10,59155	-0,000000
2	-13,4603	4,7420	8,71831	-0,000000
3	-2,8013	2,7732	0,02817	0,000000
4	-0,1898	1,7391	-1,54930	-0,000000
5	-13,6271	6,3877	7,23944	0,000000
6	-6,3425	3,7791	2,56338	0,000000
7	-0,1579	2,1579	-2,00000	-0,000000
8	-8,7680	8,4440	0,32394	-0,000000
9	15,4781	-10,7176	-4,76056	0,000000
10	16,0845	-8,6338	-7,45070	-0,000000
11	5,0423	-3,8169	-1,22535	-0,000000
12	0,3217	2,6924	-3,01408	0,000000
13	30,4589	-20,9941	-9,46479	0,000000
Ts Grpes	-0,0000	0,0000	0,00000	0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
(effectifs marginaux non marqués)

LYC	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	69	21	90
2	65	24	89
3	37	18	55
4	19	9	28
5	143	76	219
6	120	57	177
7	143	70	213
8	23	6	29
9	31	46	77
10	45	69	114
11	33	24	57
12	45	34	79
13	54	68	122
Ts Grpes	827	522	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 80,2038, dl=12, p=,000000

LYC	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	55,1742	34,8258	90,000
2	54,5612	34,4388	89,000
3	33,7176	21,2824	55,000
4	17,1653	10,8347	28,000
5	134,2572	84,7428	219,000
6	108,5093	68,4907	177,000
7	130,5789	82,4211	213,000
8	17,7784	11,2216	29,000
9	47,2046	29,7954	77,000
10	69,8873	44,1127	114,000
11	34,9437	22,0563	57,000
12	48,4307	30,5693	79,000
13	74,7917	47,2083	122,000
Ts Grpes	827,0000	522,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 80,2038, dl=12, p=,000000

LYC	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	13,8258	-13,8258	0,000000
2	10,4388	-10,4388	0,000000
3	3,2824	-3,2824	0,000000
4	1,8347	-1,8347	-0,000000
5	8,7428	-8,7428	-0,000000
6	11,4907	-11,4907	-0,000000
7	12,4211	-12,4211	-0,000000
8	5,2216	-5,2216	-0,000000
9	-16,2046	16,2046	0,000000
10	-24,8873	24,8873	-0,000000
11	-1,9437	1,9437	-0,000000
12	-3,4307	3,4307	0,000000
13	-20,7917	20,7917	0,000000
Ts Grpes	-0,0000	0,0000	-0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
(effectifs marginaux non marqués)

LYC	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	13	30	34	1	3	9	90
2	12	35	27	0	1	14	89
3	4	24	24	1	0	2	55
4	1	13	9	2	0	3	28
5	36	83	64	4	1	31	219
6	30	65	56	4	1	21	177
7	34	80	64	4	2	29	213
8	5	10	8	0	0	6	29
9	21	29	23	1	2	1	77
10	21	33	19	13	3	25	114
11	7	13	14	9	5	9	57
12	21	20	24	4	2	8	79
13	22	30	12	11	4	43	122
Ts Grpes	227	465	378	54	24	201	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)							
Effectifs en surbrillance > 5							
Chi ² de Pearson : 202,645, dl=60, p=0,00000							
LYC	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	15,1446	31,0230	25,2187	3,60267	1,60119	13,4099	90,000
2	14,9763	30,6783	24,9385	3,56264	1,58340	13,2609	89,000
3	9,2550	18,9585	15,4114	2,20163	0,97850	8,1950	55,000
4	4,7116	9,6516	7,8458	1,12083	0,49815	4,1720	28,000
5	36,8517	75,4893	61,3655	8,76649	3,89622	32,6308	219,000
6	29,7843	61,0119	49,5967	7,08525	3,14900	26,3729	177,000
7	35,8421	73,4211	59,6842	8,52632	3,78947	31,7368	213,000
8	4,8799	9,9963	8,1260	1,16086	0,51594	4,3210	29,000
9	12,9570	26,5419	21,5760	3,08228	1,36990	11,4729	77,000
10	19,1831	39,2958	31,9437	4,56338	2,02817	16,9859	114,000
11	9,5915	19,6479	15,9718	2,28169	1,01408	8,4930	57,000
12	13,2936	27,2313	22,1364	3,16234	1,40549	11,7709	79,000
13	20,5293	42,0534	34,1853	4,88362	2,17050	18,1779	122,000
Ts Grpes	227,0000	465,0000	378,0000	54,00000	24,00000	201,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)							
Effectifs en surbrillance > 5							
Chi ² de Pearson : 202,645, dl=60, p=0,00000							
LYC	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	-2,14455	-1,0230	8,7813	-2,60267	1,39881	-4,4099	0,000000
2	-2,97628	4,3217	2,0615	-3,56264	-0,58340	0,7391	0,000000
3	-5,25500	5,0415	8,5886	-1,20163	-0,97850	-6,1950	-0,000000
4	-3,71164	3,3484	1,1542	0,87917	-0,49815	-1,1720	-0,000000
5	-0,85174	7,5107	2,6345	-4,76649	-2,89622	-1,6308	-0,000000
6	0,21572	3,9881	6,4033	-3,08525	-2,14900	-5,3729	-0,000000
7	-1,84211	6,5789	4,3158	-4,52632	-1,78947	-2,7368	-0,000000
8	0,12009	0,0037	-0,1260	-1,16086	-0,51594	1,6790	-0,000000
9	8,04299	2,4581	1,4240	-2,08228	0,63010	-10,4729	-0,000000
10	1,81690	-6,2958	-12,9437	8,43662	0,97183	8,0141	-0,000000
11	-2,59155	-6,6479	-1,9718	6,71831	3,98592	0,5070	-0,000000
12	7,70645	-7,2313	1,8636	0,83766	0,59451	-3,7709	-0,000000
13	1,47072	-12,0534	-22,1853	6,11638	1,82950	24,8221	0,000000
Ts Grpes	-0,00000	-0,0000	-0,0000	0,00000	-0,00000	0,0000	-0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
(effectifs marginaux non marqués)

LYC	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	2	81	6	1	90
2	2	78	6	3	89
3	2	48	4	1	55
4	0	23	5	0	28
5	9	177	21	12	219
6	14	133	17	13	177
7	12	167	21	13	213
8	0	25	3	1	29
9	13	57	6	1	77
10	16	74	19	5	114
11	8	34	12	3	57
12	15	45	17	2	79
13	46	45	21	10	122
Ts Grpes	139	987	158	65	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 211,508, dl=36, p=0,00000

LYC	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	9,2735	65,8488	10,5411	4,33655	90,000
2	9,1705	65,1171	10,4240	4,28836	89,000
3	5,6672	40,2409	6,4418	2,65011	55,000
4	2,8851	20,4863	3,2795	1,34915	28,000
5	22,5656	160,2320	25,6501	10,55226	219,000
6	18,2380	129,5026	20,7309	8,52854	177,000
7	21,9474	155,8421	24,9474	10,26316	213,000
8	2,9881	21,2179	3,3966	1,39733	29,000
9	7,9340	56,3373	9,0185	3,71016	77,000
10	11,7465	83,4085	13,3521	5,49296	114,000
11	5,8732	41,7042	6,6761	2,74648	57,000
12	8,1401	57,8006	9,2528	3,80652	79,000
13	12,5708	89,2617	14,2891	5,87843	122,000
Ts Grpes	139,0000	987,0000	158,0000	65,00000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 211,508, dl=36, p=0,00000

LYC	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	-7,2735	15,1512	-4,54114	-3,33655	0,000000
2	-7,1705	12,8829	-4,42402	-1,28836	-0,000000
3	-3,6672	7,7591	-2,44181	-1,65011	0,000000
4	-2,8851	2,5137	1,72053	-1,34915	-0,000000
5	-13,5656	16,7680	-4,65011	1,44774	0,000000
6	-4,2380	3,4974	-3,73091	4,47146	-0,000000
7	-9,9474	11,1579	-3,94737	2,73684	0,000000
8	-2,9881	3,7821	-0,39659	-0,39733	0,000000
9	5,0660	0,6627	-3,01853	-2,71016	-0,000000
10	4,2535	-9,4085	5,64789	-0,49296	0,000000
11	2,1268	-7,7042	5,32394	0,25352	0,000000
12	6,8599	-12,8006	7,74722	-1,80652	-0,000000
13	33,4292	-44,2617	6,71090	4,12157	-0,000000
Ts Grpes	-0,0000	0,0000	0,00000	0,00000	0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
(effectifs marginaux non marqués)

LYC	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	41	15	32	2	90
2	41	7	36	5	89
3	29	7	17	2	55
4	15	5	7	1	28
5	123	22	61	13	219
6	92	26	45	14	177
7	108	27	60	18	213
8	16	2	10	1	29
9	39	7	30	1	77
10	84	14	12	4	114
11	28	15	10	4	57
12	40	20	17	2	79
13	67	26	17	12	122
Ts Grpes	723	193	354	79	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 89,7513, dl=36, p=,000002

LYC	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	48,2357	12,8762	23,6175	5,27057	90,000
2	47,6998	12,7331	23,3551	5,21201	89,000
3	29,4774	7,8688	14,4329	3,22090	55,000
4	15,0067	4,0059	7,3477	1,63973	28,000
5	117,3736	31,3321	57,4692	12,82506	219,000
6	94,8636	25,3232	46,4477	10,36546	177,000
7	114,1579	30,4737	55,8947	12,47368	213,000
8	15,5426	4,1490	7,6101	1,69830	29,000
9	41,2683	11,0163	20,2061	4,50927	77,000
10	61,0986	16,3099	29,9155	6,67606	114,000
11	30,5493	8,1549	14,9577	3,33803	57,000
12	42,3403	11,3024	20,7309	4,62639	79,000
13	65,3862	17,4544	32,0148	7,14455	122,000
Ts Grpes	723,0000	193,0000	354,0000	79,00000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 Chi² de Pearson : 89,7513, dl=36, p=,000002

LYC	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	-7,23573	2,12380	8,3825	-3,27057	-0,000000
2	-6,69978	-5,73314	12,6449	-0,21201	0,000000
3	-0,47739	-0,86879	2,5671	-1,22090	0,000000
4	-0,00667	0,99407	-0,3477	-0,63973	0,000000
5	5,62639	-9,33210	3,5308	0,17494	0,000000
6	-2,86360	0,67680	-1,4477	3,63454	-0,000000
7	-6,15789	-3,47368	4,1053	5,52632	0,000000
8	0,45738	-2,14900	2,3899	-0,69830	-0,000000
9	-2,26835	-4,01631	9,7939	-3,50927	-0,000000
10	22,90141	-2,30986	-17,9155	-2,67606	-0,000000
11	-2,54930	6,84507	-4,9577	0,66197	-0,000000
12	-2,34025	8,69755	-3,7309	-2,62639	-0,000000
13	1,61379	8,54559	-15,0148	4,85545	-0,000000
Ts Grpes	0,00000	0,00000	-0,0000	0,00000	0,000000

• **Tableaux croisés et khi² avec la variable : question 1**

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
(effectifs marginaux non marqués)

Q1	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	63	45	18	126
2	372	115	44	531
3	57	11	10	78
4	99	46	23	168
5	11	6	2	19
6	22	12	17	51
7	85	94	28	207
8	71	69	29	169
Ts Grpes	780	398	171	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 111,021, dl=14, p=0,00000

Q1	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	72,8540	37,1742	15,9718	126,000
2	307,0274	156,6627	67,3099	531,000
3	45,1001	23,0126	9,8873	78,000
4	97,1386	49,5656	21,2958	168,000
5	10,9859	5,6056	2,4085	19,000
6	29,4885	15,0467	6,4648	51,000
7	119,6887	61,0719	26,2394	207,000
8	97,7168	49,8606	21,4225	169,000
Ts Grpes	780,0000	398,0000	171,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 111,021, dl=14, p=0,00000

Q1	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	-9,8540	7,8258	2,0282	0,000000
2	64,9726	-41,6627	-23,3099	-0,000000
3	11,8999	-12,0126	0,1127	-0,000000
4	1,8614	-3,5656	1,7042	-0,000000
5	0,0141	0,3944	-0,4085	-0,000000
6	-7,4885	-3,0467	10,5352	0,000000
7	-34,6887	32,9281	1,7606	-0,000000
8	-26,7168	19,1394	7,5775	0,000000
Ts Grpes	-0,0000	0,0000	0,0000	-0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
(effectifs marginaux non marqués)

Q1	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	88	38	126
2	261	270	531
3	37	41	78
4	89	79	168
5	12	7	19
6	36	15	51
7	162	45	207
8	142	27	169
Ts Grpes	827	522	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 111,904, dl=7, p=0,00000

Q1	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	77,2439	48,7561	126,000
2	325,5278	205,4722	531,000
3	47,8176	30,1824	78,000
4	102,9918	65,0082	168,000
5	11,6479	7,3521	19,000
6	31,2654	19,7346	51,000
7	126,9007	80,0993	207,000
8	103,6049	65,3951	169,000
Ts Grpes	827,0000	522,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 Chi² de Pearson : 111,904, dl=7, p=0,00000

Q1	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	10,7561	-10,7561	-0,000000
2	-64,5278	64,5278	0,000000
3	-10,8176	10,8176	0,000000
4	-13,9918	13,9918	-0,000000
5	0,3521	-0,3521	0,000000
6	4,7346	-4,7346	0,000000
7	35,0993	-35,0993	0,000000
8	38,3951	-38,3951	0,000000
Ts Grpes	0,0000	-0,0000	0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 (effectifs marginaux non marqués)

Q1	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	18	53	31	1	3	20	126
2	112	182	131	24	10	72	531
3	17	26	23	3	0	9	78
4	39	68	43	5	2	11	168
5	0	4	10	3	0	2	19
6	5	22	17	0	1	6	51
7	16	71	80	10	4	26	207
8	20	39	43	8	4	55	169
Ts Grpes	227	465	378	54	24	201	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 Chi² de Pearson : 119,413, dl=35, p=,000000

Q1	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	21,2024	43,4322	35,3062	5,04374	2,24166	18,7739	126,000
2	89,3529	183,0356	148,7902	21,25574	9,44700	79,1186	531,000
3	13,1253	26,8866	21,8562	3,12231	1,38769	11,6219	78,000
4	28,2698	57,9096	47,0749	6,72498	2,98888	25,0319	168,000
5	3,1972	6,5493	5,3239	0,76056	0,33803	2,8310	19,000
6	8,5819	17,5797	14,2906	2,04151	0,90734	7,5990	51,000
7	34,8325	71,3529	58,0030	8,28614	3,68273	30,8428	207,000
8	28,4381	58,2543	47,3551	6,76501	3,00667	25,1809	169,000
Ts Grpes	227,0000	465,0000	378,0000	54,00000	24,00000	201,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 Chi² de Pearson : 119,413, dl=35, p=,000000

Q1	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	-3,2024	9,5678	-4,3062	-4,04374	0,75834	1,2261	0,000000
2	22,6471	-1,0356	-17,7902	2,74426	0,55300	-7,1186	0,000000
3	3,8747	-0,8866	1,1438	-0,12231	-1,38769	-2,6219	-0,000000
4	10,7302	10,0904	-4,0749	-1,72498	-0,98888	-14,0319	0,000000
5	-3,1972	-2,5493	4,6761	2,23944	-0,33803	-0,8310	0,000000
6	-3,5819	4,4203	2,7094	-2,04151	0,09266	-1,5990	0,000000
7	-18,8325	-0,3529	21,9970	1,71386	0,31727	-4,8428	0,000000
8	-8,4381	-19,2543	-4,3551	1,23499	0,99333	29,8191	0,000000
Ts Grpes	0,0000	0,0000	0,0000	0,00000	0,00000	0,0000	0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)					
Effectifs en surbrillance > 5					
(effectifs marginaux non marqués)					
Q1	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	7	101	11	7	126
2	78	352	78	23	531
3	10	56	10	2	78
4	18	128	18	4	168
5	2	16	1	0	19
6	1	44	5	1	51
7	10	176	13	8	207
8	13	114	22	20	169
Ts Grpes	139	987	158	65	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)					
Effectifs en surbrillance > 5					
Chi² de Pearson : 68,7326, dl=21, p=,000001					
Q1	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	12,9830	92,1883	14,7576	6,07116	126,000
2	54,7139	388,5078	62,1927	25,58562	531,000
3	8,0371	57,0689	9,1357	3,75834	78,000
4	17,3106	122,9177	19,6768	8,09489	168,000
5	1,9577	13,9014	2,2254	0,91549	19,000
6	5,2550	37,3143	5,9733	2,45738	51,000
7	21,3291	151,4522	24,2446	9,97405	207,000
8	17,4136	123,6494	19,7939	8,14307	169,000
Ts Grpes	139,0000	987,0000	158,0000	65,00000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)					
Effectifs en surbrillance > 5					
Chi² de Pearson : 68,7326, dl=21, p=,000001					
Q1	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	-5,9830	8,8117	-3,7576	0,92884	-0,000000
2	23,2861	-36,5078	15,8073	-2,58562	-0,000000
3	1,9629	-1,0689	0,8643	-1,75834	-0,000000
4	0,6894	5,0823	-1,6768	-4,09489	-0,000000
5	0,0423	2,0986	-1,2254	-0,91549	0,000000
6	-4,2550	6,6857	-0,9733	-1,45738	0,000000
7	-11,3291	24,5478	-11,2446	-1,97405	0,000000
8	-4,4136	-9,6494	2,2061	11,85693	0,000000
Ts Grpes	-0,0000	-0,0000	-0,0000	-0,00000	-0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)					
Effectifs en surbrillance > 5					
(effectifs marginaux non marqués)					
Q1	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	63	16	39	8	126
2	300	82	124	25	531
3	47	14	15	2	78
4	99	19	44	6	168
5	11	4	4	0	19
6	28	3	16	4	51
7	96	35	65	11	207
8	79	20	47	23	169
Ts Grpes	723	193	354	79	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)					
Effectifs en surbrillance > 5					
Chi² de Pearson : 43,8471, dl=21, p=,002447					
Q1	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	67,5300	18,0267	33,0645	7,37880	126,000
2	284,5908	75,9696	139,3432	31,09637	531,000
3	41,8043	11,1594	20,4685	4,56783	78,000
4	90,0400	24,0356	44,0860	9,83840	168,000
5	10,1831	2,7183	4,9859	1,11268	19,000
6	27,3336	7,2965	13,3832	2,98666	51,000
7	110,9422	29,6153	54,3202	12,12231	207,000
8	90,5760	24,1787	44,3484	9,89696	169,000
Ts Grpes	723,0000	193,0000	354,0000	79,00000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)					
Effectifs en surbrillance > 5					
Chi² de Pearson : 43,8471, dl=21, p=,002447					
Q1	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	-4,5300	-2,02669	5,9355	0,62120	0,000000
2	15,4092	6,03039	-15,3432	-6,09637	-0,000000
3	5,1957	2,84062	-5,4685	-2,56783	0,000000
4	8,9600	-5,03558	-0,0860	-3,83840	0,000000
5	0,8169	1,28169	-0,9859	-1,11268	0,000000
6	0,6664	-4,29652	2,6168	1,01334	-0,000000
7	-14,9422	5,38473	10,6798	-1,12231	-0,000000
8	-11,5760	-4,17865	2,6516	13,10304	0,000000
Ts Grpes	-0,0000	-0,00000	0,0000	-0,00000	-0,000000

• **Tableaux croisés et khi² avec la variable : question 4**

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
(effectifs marginaux non marqués)

Q4	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	174	43	16	233
2	51	29	13	93
3	30	7	5	42
4	31	11	1	43
5	90	53	26	169
6	65	50	22	137
7	10	7	2	19
8	51	11	6	68
9	61	44	17	122
10	217	143	63	423
Ts Grpes	780	398	171	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 64,0721, dl=18, p=,000000

Q4	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	134,7220	68,7428	29,5352	233,000
2	53,7732	27,4381	11,7887	93,000
3	24,2847	12,3914	5,3239	42,000
4	24,8629	12,6864	5,4507	43,000
5	97,7168	49,8606	21,4225	169,000
6	79,2142	40,4196	17,3662	137,000
7	10,9859	5,6056	2,4085	19,000
8	39,3180	20,0623	8,6197	68,000
9	70,5411	35,9941	15,4648	122,000
10	244,5812	124,7991	53,6197	423,000
Ts Grpes	780,0000	398,0000	171,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)

Effectifs en surbrillance > 5

Chi² de Pearson : 64,0721, dl=18, p=,000000

Q4	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	39,2780	-25,7428	-13,5352	0,000000
2	-2,7732	1,5619	1,2113	-0,000000
3	5,7153	-5,3914	-0,3239	0,000000
4	6,1371	-1,6864	-4,4507	0,000000
5	-7,7168	3,1394	4,5775	0,000000
6	-14,2142	9,5804	4,6338	0,000000
7	-0,9859	1,3944	-0,4085	0,000000
8	11,6820	-9,0623	-2,6197	0,000000
9	-9,5411	8,0059	1,5352	-0,000000
10	-27,5812	18,2009	9,3803	-0,000000
Ts Grpes	0,0000	-0,0000	0,0000	0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 (effectifs marginaux non marqués)

Q4	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	93	140	233
2	50	43	93
3	21	21	42
4	21	22	43
5	106	63	169
6	103	34	137
7	10	9	19
8	30	38	68
9	91	31	122
10	302	121	423
Ts Grpes	827	522	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 Chi² de Pearson : 99,8187, dl=9, p=0,00000

Q4	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	142,8399	90,1601	233,000
2	57,0133	35,9867	93,000
3	25,7480	16,2520	42,000
4	26,3610	16,6390	43,000
5	103,6049	65,3951	169,000
6	83,9874	53,0126	137,000
7	11,6479	7,3521	19,000
8	41,6872	26,3128	68,000
9	74,7917	47,2083	122,000
10	259,3188	163,6812	423,000
Ts Grpes	827,0000	522,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 Chi² de Pearson : 99,8187, dl=9, p=0,00000

Q4	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	-49,8399	49,8399	0,000000
2	-7,0133	7,0133	0,000000
3	-4,7480	4,7480	0,000000
4	-5,3610	5,3610	0,000000
5	2,3951	-2,3951	0,000000
6	19,0126	-19,0126	0,000000
7	-1,6479	1,6479	0,000000
8	-11,6872	11,6872	0,000000
9	16,2083	-16,2083	-0,000000
10	42,6812	-42,6812	-0,000000
Ts Grpes	-0,0000	0,0000	0,000000

- Tableaux croisés et χ^2 avec la variable : question 5

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
(effectifs marginaux non marqués)

Q5	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	59	87	146
2	9	15	24
3	15	23	38
4	17	32	49
5	4	8	12
6	7	12	19
7	56	43	99
8	660	302	962
Ts Grpes	827	522	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 86,1754, dl=7, p=,000000

Q5	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	89,5048	56,4952	146,000
2	14,7131	9,2869	24,000
3	23,2958	14,7042	38,000
4	30,0393	18,9607	49,000
5	7,3566	4,6434	12,000
6	11,6479	7,3521	19,000
7	60,6916	38,3084	99,000
8	589,7509	372,2491	962,000
Ts Grpes	827,0000	522,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 86,1754, dl=7, p=,000000

Q5	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	-30,5048	30,5048	-0,000000
2	-5,7131	5,7131	0,000000
3	-8,2958	8,2958	-0,000000
4	-13,0393	13,0393	-0,000000
5	-3,3566	3,3566	0,000000
6	-4,6479	4,6479	-0,000000
7	-4,6916	4,6916	0,000000
8	70,2491	-70,2491	0,000000
Ts Grpes	-0,0000	0,0000	-0,000000

- Tableaux croisés et χ^2 avec la variable : question 6

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)				
Effectifs en surbrillance > 10				
(effectifs marginaux non marqués)				
Q6	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	745	200	79	1024
2	19	177	36	232
3	14	18	33	65
4	2	3	23	28
Ts Grpes	780	398	171	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)				
Effectifs en surbrillance > 10				
Chi ² de Pearson : 578,018, dl=6, p=0,00000				
Q6	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	592,0830	302,1142	129,8028	1024,000
2	134,1438	68,4477	29,4085	232,000
3	37,5834	19,1772	8,2394	65,000
4	16,1898	8,2609	3,5493	28,000
Ts Grpes	780,0000	398,0000	171,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)				
Effectifs en surbrillance > 10				
Chi ² de Pearson : 578,018, dl=6, p=0,00000				
Q6	Q8a 1	Q8a 2	Q8a 3	Totaux Ligne
1	152,917	-102,114	-50,8028	0,000000
2	-115,144	108,552	6,5915	0,000000
3	-23,583	-1,177	24,7606	0,000000
4	-14,190	-5,261	19,4507	0,000000
Ts Grpes	0,000	0,000	-0,0000	0,000000

• **Tableaux croisés et khi² avec la variable : question 8a**

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta) Effectifs en surbrillance > 5 (effectifs marginaux non marqués)				Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta) Effectifs en surbrillance > 5 Chi ² de Pearson : 503,310, dl=2, p=0,00000			
Q8a	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne	Q8a	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	280	500	780	1	478,1764	301,8236	780,000
2	381	17	398	2	243,9926	154,0074	398,000
3	166	5	171	3	104,8310	66,1690	171,000
Ts Grpes	827	522	1349	Ts Grpes	827,0000	522,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta) Effectifs en surbrillance > 5 Chi ² de Pearson : 503,310, dl=2, p=0,00000			
Q8a	Q8 d 1	Q8 d 2	Totaux Ligne
1	-198,176	198,176	0,000000
2	137,007	-137,007	0,000000
3	61,169	-61,169	-0,000000
Ts Grpes	0,000	-0,000	-0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta) Effectifs en surbrillance > 5 (effectifs marginaux non marqués)							
Q8a	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	159	303	184	33	11	90	780
2	48	119	142	14	10	65	398
3	20	43	52	7	3	46	171
Ts Grpes	227	465	378	54	24	201	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta) Effectifs en surbrillance > 5 Chi ² de Pearson : 64,2472, dl=10, p=,000000							
Q8a	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	131,2528	268,8658	218,5619	31,22313	13,87695	116,2194	780,000
2	66,9726	137,1905	111,5226	15,93180	7,08080	59,3017	398,000
3	28,7746	58,9437	47,9155	6,84507	3,04225	25,4789	171,000
Ts Grpes	227,0000	465,0000	378,0000	54,00000	24,00000	201,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta) Effectifs en surbrillance > 5 Chi ² de Pearson : 64,2472, dl=10, p=,000000							
Q8a	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	27,7472	34,1342	-34,5619	1,77687	-2,87695	-26,2194	-0,000000
2	-18,9726	-18,1905	30,4774	-1,93180	2,91920	5,6983	0,000000
3	-8,7746	-15,9437	4,0845	0,15493	-0,04225	20,5211	-0,000000
Ts Grpes	0,0000	-0,0000	0,0000	-0,00000	-0,00000	-0,0000	-0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 (effectifs marginaux non marqués)

Q8a	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	114	537	110	19	780
2	20	327	30	21	398
3	5	123	18	25	171
Ts Grpes	139	987	158	65	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 Chi² de Pearson : 93,6881, dl=6, p=0,00000

Q8a	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	80,3706	570,6894	91,3566	37,58340	780,000
2	41,0096	291,1979	46,6153	19,17717	398,000
3	17,6197	125,1127	20,0282	8,23944	171,000
Ts Grpes	139,0000	987,0000	158,0000	65,00000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 Chi² de Pearson : 93,6881, dl=6, p=0,00000

Q8a	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	33,6294	-33,6894	18,6434	-18,5834	-0,000000
2	-21,0096	35,8021	-16,6153	1,8228	0,000000
3	-12,6197	-2,1127	-2,0282	16,7606	-0,000000
Ts Grpes	0,0000	-0,0000	0,0000	0,0000	-0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 (effectifs marginaux non marqués)

Q8a	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	452	113	190	25	780
2	198	60	113	27	398
3	73	20	51	27	171
Ts Grpes	723	193	354	79	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 Chi² de Pearson : 49,9970, dl=6, p=,000000

Q8a	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	418,0430	111,5938	204,6850	45,67828	780,000
2	213,3091	56,9414	104,4418	23,30764	398,000
3	91,6479	24,4648	44,8732	10,01408	171,000
Ts Grpes	723,0000	193,0000	354,0000	79,00000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 5
 Chi² de Pearson : 49,9970, dl=6, p=,000000

Q8a	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	33,9570	1,40623	-14,6850	-20,6783	0,000000
2	-15,3091	3,05856	8,5582	3,6924	0,000000
3	-18,6479	-4,46479	6,1268	16,9859	0,000000
Ts Grpes	0,0000	0,00000	0,0000	0,0000	0,000000

• **Tableaux croisés et khi² avec la variable : question 8d**

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)							
Effectifs en surbrillance > 10 (effectifs marginaux non marqués)							
Q8 d	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	98	244	268	30	19	168	827
2	129	221	110	24	5	33	522
Ts Grpes	227	465	378	54	24	201	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)							
Effectifs en surbrillance > 10 Chi ² de Pearson : 107,453, dl=5, p=0,00000							
Q8 d	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	139,1616	285,0667	231,7317	33,10452	14,71312	123,2224	827,000
2	87,8384	179,9333	146,2683	20,89548	9,28688	77,7776	522,000
Ts Grpes	227,0000	465,0000	378,0000	54,00000	24,00000	201,0000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)							
Effectifs en surbrillance > 10 Chi ² de Pearson : 107,453, dl=5, p=0,00000							
Q8 d	Q9 a 1	Q9 a 2	Q9 a 3	Q9 a 4	Q9 a 5	Q9 a 6	Totaux Ligne
1	-41,1616	-41,0667	36,2683	-3,10452	4,28688	44,7776	0,000000
2	41,1616	41,0667	-36,2683	3,10452	-4,28688	-44,7776	-0,000000
Ts Grpes	-0,0000	-0,0000	0,0000	0,00000	0,00000	0,0000	-0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)						
Effectifs en surbrillance > 10 (effectifs marginaux non marqués)						
Q8 d	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne	
1	52	630	83	62	827	
2	87	357	75	3	522	
Ts Grpes	139	987	158	65	1349	

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)					
Effectifs en surbrillance > 10 Chi ² de Pearson : 73,0586, dl=3, p=,000000					
Q8 d	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	85,2135	605,0771	96,8614	39,84804	827,000
2	53,7865	381,9229	61,1386	25,15196	522,000
Ts Grpes	139,0000	987,0000	158,0000	65,00000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 73,0586, dl=3, p=,000000

Q8 d	Q10 1	Q10 2	Q10 3	Q10 4	Totaux Ligne
1	-33,2135	24,9229	-13,8614	22,1520	0,000000
2	33,2135	-24,9229	13,8614	-22,1520	0,000000
Ts Grpes	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,000000

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 (effectifs marginaux non marqués)

Q8 d	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	396	129	232	70	827
2	327	64	122	9	522
Ts Grpes	723	193	354	79	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 42,9978, dl=3, p=,000000

Q8 d	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	443,2328	118,3180	217,0185	48,43069	827,000
2	279,7672	74,6820	136,9815	30,56931	522,000
Ts Grpes	723,0000	193,0000	354,0000	79,00000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
 Effectifs en surbrillance > 10
 Chi² de Pearson : 42,9978, dl=3, p=,000000

Q8 d	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	-47,2328	10,6820	14,9815	21,5693	-0,000000
2	47,2328	-10,6820	-14,9815	-21,5693	0,000000
Ts Grpes	-0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	-0,000000

- Tableaux croisés et khi² avec la variable : question 9a

Table de Fréquences - Synthèse (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
(effectifs marginaux non marqués)

Q9 a	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	165	23	38	1	227
2	286	47	124	8	465
3	155	75	143	5	378
4	29	14	9	2	54
5	14	8	2	0	24
6	74	26	38	63	201
Ts Grpes	723	193	354	79	1349

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 369,864, dl=15, p=0,00000

Q9 a	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	121,6612	32,4766	59,5686	13,29355	227,000
2	249,2179	66,5271	122,0237	27,23128	465,000
3	202,5901	54,0801	99,1935	22,13640	378,000
4	28,9414	7,7257	14,1705	3,16234	54,000
5	12,8629	3,4337	6,2980	1,40549	24,000
6	107,7265	28,7569	52,7457	11,77094	201,000
Ts Grpes	723,0000	193,0000	354,0000	79,00000	1349,000

Synthèse : Effectifs Observés moins Théoriques (Feuille de données tout.sta)
Effectifs en surbrillance > 5
Chi² de Pearson : 369,864, dl=15, p=0,00000

Q9 a	Q11a 1	Q11a 2	Q11a 3	Q11a 4	Totaux Ligne
1	43,3388	-9,4766	-21,5686	-12,2936	0,000000
2	36,7821	-19,5271	1,9763	-19,2313	0,000000
3	-47,5901	20,9199	43,8065	-17,1364	0,000000
4	0,0586	6,2743	-5,1705	-1,1623	0,000000
5	1,1371	4,5663	-4,2980	-1,4055	-0,000000
6	-33,7265	-2,7569	-14,7457	51,2291	0,000000
Ts Grpes	0,0000	0,0000	0,0000	-0,0000	0,000000

Annexe 8 – Alpha de Cronbach sur la question 3 et analyses associées

- Première analyse de cohérence interne (17 items de la question 3)

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	95	7,0
	Excluded ^a	1254	93,0
	Total	1349	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,649	,652	17

Inter-Item Correlation Matrix

	Q3A	Q3B	Q3C	Q3D	Q3E	Q3F	Q3G	Q3H	Q3I	Q3J	Q3K	Q3L	Q3M	Q3N	Q3O	Q3P	Q3Q
Q3A	1,000	,023	,063	,224	,044	,249	-,068	,013	-,036	,066	-,062	,172	,124	,023	,057	,005	,078
Q3B	,023	1,000	-,026	-,147	,011	,054	,187	,151	,082	,097	-,064	-,141	-,018	-,070	,011	-,020	,051
Q3C	,063	-,026	1,000	-,003	,037	,360	,410	,226	,110	,013	,129	,201	,057	,179	,164	,017	,235
Q3D	,224	-,147	-,003	1,000	,107	,012	-,013	,030	,137	,215	,009	-,042	,042	,018	,045	,004	,048
Q3E	,044	,011	,037	,107	1,000	,325	,069	,082	,283	,200	,127	-,195	-,159	-,265	-,011	,001	,258
Q3F	,249	,054	,360	,012	,325	1,000	,236	,226	,256	,156	,232	-,039	-,032	-,137	-,042	,089	,204
Q3G	-,068	,187	,410	-,013	,069	,236	1,000	,534	,256	,171	,217	,154	,087	,158	,130	,081	,375
Q3H	,013	,151	,226	,030	,082	,226	,534	1,000	,091	,242	,037	,255	,310	,213	,358	,167	,305
Q3I	-,036	,082	,110	,137	,283	,256	,256	,091	1,000	,342	,116	-,194	-,165	-,249	-,230	-,152	,318
Q3J	,066	,097	,013	,215	,200	,156	,171	,242	,342	1,000	,151	-,118	-,112	-,154	,020	-,016	,082
Q3K	-,062	-,064	,129	,009	,127	,232	,217	,037	,116	,151	1,000	-,321	-,272	-,275	-,141	-,248	,184
Q3L	,172	-,141	,201	-,042	-,195	-,039	,154	,255	-,194	-,118	-,321	1,000	,670	,672	,394	,351	-,058
Q3M	,124	-,018	,057	,042	-,159	-,032	,087	,310	-,165	-,112	-,272	,670	1,000	,643	,600	,436	-,044
Q3N	,023	-,070	,179	,018	-,265	-,137	,158	,213	-,249	-,154	-,275	,672	,643	1,000	,387	,448	,069
Q3O	,057	,011	,164	,045	-,011	-,042	,130	,358	-,230	,020	-,141	,394	,600	,387	1,000	,412	,117
Q3P	,005	-,020	,017	,004	,001	,089	,081	,167	-,152	-,016	-,248	,351	,436	,448	,412	1,000	-,047
Q3Q	,078	,051	,235	,048	,258	,204	,375	,305	,318	,082	,184	-,058	-,044	,069	,117	-,047	1,000

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Squared Multiple Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Q3A	31,0737	35,920	,150	,237	,646
Q3B	31,7684	36,903	,027	,164	,660
Q3C	31,7474	33,765	,343	,351	,624
Q3D	31,2421	35,824	,111	,173	,652
Q3E	31,0842	34,695	,139	,251	,653
Q3F	31,5263	33,592	,341	,404	,623
Q3G	31,6947	32,661	,491	,491	,607
Q3H	31,2737	30,520	,536	,454	,590
Q3I	31,4737	35,443	,149	,391	,647
Q3J	31,0632	34,081	,217	,265	,640
Q3K	31,0526	37,135		-,030	,674
Q3L	31,5895	34,011	,275	,631	,631
Q3M	31,5474	33,272	,355	,676	,621
Q3N	31,5684	34,099	,254	,639	,634
Q3O	31,0842	31,993	,366	,516	,617
Q3P	31,6316	34,405	,252	,362	,634
Q3Q	31,6421	33,594	,353	,364	,622

- **Deuxième analyse de cohérence interne après réorganisation (sans l'item K de la question 3)**

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	105	7,8
	Excluded ^a	1244	92,2
	Total	1349	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
,708	,706	16

Inter-Item Correlation Matrix

	Q3A	Q3B	Q3C	Q3D	Q3E	Q3F	Q3G	Q3H	Q3I	Q3J	Q3L	Q3M	Q3N	Q3O	Q3P	Q3Q
Q3A	1,000	,013	,104	,206	,019	,178	,016	,014	-,002	,116	,225	,181	,088	,105	,084	,107
Q3B	,013	1,000	,013	-,109	,014	,023	,148	,135	,055	,082	-,132	,005	-,068	-,008	-,046	,024
Q3C	,104	,013	1,000	,033	,075	,308	,428	,229	,120	,067	,226	,134	,205	,198	,043	,246
Q3D	,206	-,109	,033	1,000	,115	,046	,003	,076	,118	,175	-,024	,065	,031	,046	-,003	,004
Q3E	,019	,014	,075	,115	1,000	,333	,068	,112	,239	,184	-,179	-,126	-,245	,000	,000	,247
Q3F	,178	,023	,308	,046	,333	1,000	,221	,286	,214	,106	-,026	-,032	-,115	-,034	,061	,148
Q3G	,016	,148	,428	,003	,068	,221	1,000	,536	,251	,216	,233	,173	,235	,199	,162	,381
Q3H	,014	,135	,229	,076	,112	,286	,536	1,000	,047	,197	,294	,339	,255	,356	,179	,261
Q3I	-,002	,055	,120	,118	,239	,214	,251	,047	1,000	,380	-,176	-,147	-,226	-,202	-,118	,305
Q3J	,116	,082	,067	,175	,184	,106	,216	,197	,380	1,000	-,076	-,058	-,108	,055	,052	,121
Q3L	,225	-,132	,226	-,024	-,179	-,026	,233	,294	-,176	-,076	1,000	,695	,704	,434	,397	-,027
Q3M	,181	,005	,134	,065	-,126	-,032	,173	,339	-,147	-,058	,695	1,000	,670	,613	,470	-,002
Q3N	,088	-,068	,205	,031	-,245	-,115	,235	,255	-,226	-,108	,704	,670	1,000	,427	,484	,088
Q3O	,105	-,008	,198	,046	,000	-,034	,199	,356	-,202	,055	,434	,613	,427	1,000	,442	,133
Q3P	,084	-,046	,043	-,003	,000	,061	,162	,179	-,118	,052	,397	,470	,484	,442	1,000	,004
Q3Q	,107	,024	,246	,004	,247	,148	,381	,261	,305	,121	-,027	-,002	,088	,133	,004	1,000

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Squared Multiple Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Q3A	28,6571	38,266	,218	,213	,702
Q3B	29,3333	39,955	,023	,114	,720
Q3C	29,3048	36,291	,370	,310	,687
Q3D	28,8286	38,720	,121	,143	,713
Q3E	28,6190	37,930	,123	,247	,718
Q3F	29,0857	37,271	,261	,329	,699
Q3G	29,2762	35,163	,518	,483	,673
Q3H	28,8286	33,240	,528	,464	,665
Q3I	29,0762	38,686	,124	,367	,713
Q3J	28,6476	36,827	,225	,254	,704
Q3L	29,1810	35,553	,403	,650	,683
Q3M	29,1429	34,777	,480	,677	,674
Q3N	29,1619	35,695	,375	,656	,686
Q3O	28,6952	33,945	,438	,501	,677
Q3P	29,2381	36,202	,355	,366	,688
Q3Q	29,2095	36,898	,314	,335	,693

- **Analyse ANOVA réalisée sur la nouvelle variable « perception négative » en fonction des trois îles**

ANOVA

perception_négative

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11,895	2	5,947	31,233	,000
Within Groups	244,120	1282	,190		
Total	256,015	1284			

Tests post hoc

Multiple Comparisons

perception_négative

Tukey HSD

(I) ILE	(J) ILE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Martinique	Guadeloupe	-,03521	,02867	,437	-,1025	,0321
	Dominique	-,22986*	,03080	,000	-,3021	-,1576
Guadeloupe	Martinique	,03521	,02867	,437	-,0321	,1025
	Dominique	-,19465*	,03061	,000	-,2665	-,1228
Dominique	Martinique	,22986*	,03080	,000	,1576	,3021
	Guadeloupe	,19465*	,03061	,000	,1228	,2665

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

- **Analyse ANOVA réalisée sur la nouvelle variable créée après vérification de la cohérence interne en fonction des 13 lycées**

ANOVA

perception_négative

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15,525	12	1,294	6,843	,000
Within Groups	240,489	1272	,189		
Total	256,015	1284			

Tests post hoc

perception_négative

Tukey HSD

LYC	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
9 Pointe-Noire	76	1,8426		
4 Acajou	26	1,8629		
8 Abymes	26	1,8788		
1 Bellefontaine	85	1,8801		
5 Ducos	209	1,9192		
2 Trinité	85	1,9396		
3 Schoelcher	52	1,9521		
7 Sainte-Anne	201	1,9662	1,9662	
6 Basse-Terre	167	1,9946	1,9946	
13 Grand Bay	117	2,0719	2,0719	2,0719
12 Roseau mary	76	2,0922	2,0922	2,0922
10 Castle Bruce	110		2,2081	2,2081
11 Roseau Martin	55			2,2547
Sig.		,054	,073	,436

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Annexe 9 – Support pédagogique destiné aux étudiants de l'expérimentation

Situation problème de départ - projet 1

La compagnie Google gère un parc de centres de données (data center) ([lien](#)) de très grande envergure et en pleine expansion. Respectueuse de l'environnement, l'entreprise met tout en oeuvre pour que tous ses centres de données soient à 100% alimentés par de l'énergie renouvelable ([lien](#)). À titre d'exemple, récemment Google a installé un centre de données en pleine mer pour exploiter l'énergie des vagues ([lien](#)). Afin d'accroître sa rentabilité, la compagnie recherche des endroits où elle peut faire elle-même l'exploitation d'énergies durables et propres. Les énergies solaires et éoliennes sont des énergies vertes déjà exploitées par l'entreprise. Mais, l'approvisionnement en électricité à partir de ces énergies n'est pas constant. Puisque les serveurs doivent fonctionner 24h sur 24, d'autres énergies doivent également être mises à contribution. De plus, le système de refroidissement, nécessaire pour évacuer la chaleur produite par les serveurs, est très énergivore.

La géothermie est une technologie qui pourrait être mise à contribution afin de réduire la consommation en énergie des centres de données. Le Québec et la Guadeloupe pourraient-ils présenter des endroits propices à l'établissement d'un centre de données mettant à profit la géothermie? Quel type de technologie pourrait être exploité?

Vous travaillerez en équipes afin d'étudier ces questions. Vos analyses doivent se compléter mutuellement et être accompagnées de preuves en appui.

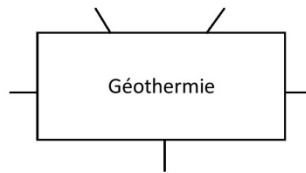
Annexe 10 – Questionnaire pré-test post-test



Questionnaire : Géothermie

Ce questionnaire anonyme est réalisé dans le cadre d'une recherche menée conjointement par le Département de didactique de l'Université du Québec à Montréal, le Laboratoire Informatique Cognitive et Environnement de Formation (Télé-université du Québec), et le Centre de Recherches et de Ressources en Education et Formation (Université des Antilles). Ce questionnaire ne participe pas à votre évaluation, les données extraites de son analyse seront utilisées uniquement à des fins de recherche. Il vous est demandé de répondre individuellement et spontanément à chacune des questions, dans l'ordre. Pour une durée de totale de 20 minutes maximum.

1 - Case à crochet : à quels mots le mot « géothermie » vous fait penser ? Donnez au moins 5 mots ou plus :



2 – Comment expliquez-vous le phénomène/mécanisme géologique naturel de géothermie ? Illustrez-le par un schéma.

3 - Que produit l'exploitation d'une ressource géothermique ? _____

4 - Où peut-on trouver une ressource géothermique? _____

5 - A quelle profondeur, selon vous, exploite-t-on la géothermie ? _____

6 - Cochez les mots qui selon appartiennent au domaine de la géothermie ?

- | | | |
|-----------------------------------|--|--|
| <input type="checkbox"/> Forêt | <input type="checkbox"/> Neige | <input type="checkbox"/> Energie |
| <input type="checkbox"/> Pompe | <input type="checkbox"/> Radioactivité | <input type="checkbox"/> CO ₂ |
| <input type="checkbox"/> Turbine | <input type="checkbox"/> Feu | <input type="checkbox"/> Chauffage |
| <input type="checkbox"/> Pétrole | <input type="checkbox"/> Chaud | <input type="checkbox"/> Climatisation |
| <input type="checkbox"/> Forage | <input type="checkbox"/> Froid | <input type="checkbox"/> Climat |
| <input type="checkbox"/> Gaz | <input type="checkbox"/> Magma | <input type="checkbox"/> Isolation |
| <input type="checkbox"/> Aquifère | <input type="checkbox"/> Eolienne | <input type="checkbox"/> Pluie |
| <input type="checkbox"/> Volcan | <input type="checkbox"/> Soleil | <input type="checkbox"/> Vapeur |

7 - Quels sont les phénomènes physiques en jeu ?

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Thermodynamique | <input type="checkbox"/> Rayonnement | <input type="checkbox"/> Flux de chaleur |
| <input type="checkbox"/> Conduction | <input type="checkbox"/> Précipitation (pluie) | <input type="checkbox"/> Magmatisme |
| <input type="checkbox"/> Convection | <input type="checkbox"/> Sismique | <input type="checkbox"/> Ionisation |

8 - Faites un schéma légendé d'une exploitation géothermique (précisez le type de ressource produite) :



9 – La géothermie, selon vous, rentre-t-elle dans une optique de développement durable ? (pour quelle raison environnementale) ?

10 – Quelle est votre opinion sur le concept ?

11 - Quelles est la part d'énergie renouvelables / énergie non renouvelable dans votre pays ?

12 – Pensez-vous que l'exploitation de la géothermie est rentable ?

13 - Avez-vous déjà été confronté à la géothermie, expliquez ?

Quel est votre genre ? Masculin - Féminin

Quel est votre âge ? _____

Lieu de naissance : _____

Où avez-vous suivi vos études primaires ? _____

Où avez-vous suivi vos études secondaires ? _____

Où avez-vous suivi vos études supérieures ? _____

Quel en est la spécialité ? _____



Avez-vous eu des activités professionnelles, si oui lesquelles ?

Quel est le plus haut diplôme obtenu ?

Annexe 11 - Traitement 1 et 2 de la question 1

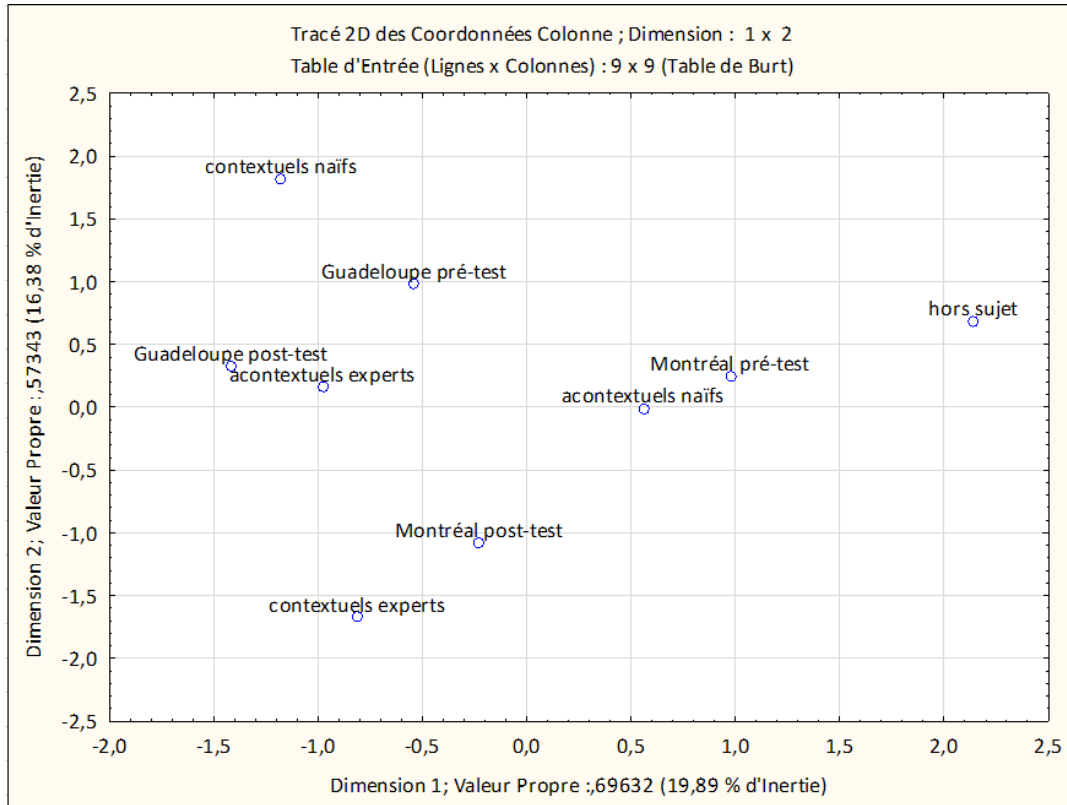
Tableau du premier traitement des mots fait en 2016

Guadeloupe (cohorte 1 et 3)				Québec (cohorte 2 et 4)					
1 AN	2 CN	3 CE	4 AE	1 AN	2 CN	3 CE	4 AE	5 HS	
eau	couche D''	anomalie thermique	chauffer	chaleur	l'énergie	échange	calories	3 types de	carbone
énergie	électricité	Bouillante	circuit	chaleur (calorie)	thermique	sol	chauffage	géothermie	CO2
fluide	générateur	Bouillante	conduction	chimie	(énergie de la	sols	climatisation	activité sismique	diamant
flux	magma	Guadeloupe	circulation	couche terrestre	terre)	air	froid	changement	espace
interne	magmatisme	centrale	de fluide	couches	lithosphère	Barrage	pompe	climatique	faille océanique
profondeur	point chaud	centrale géothermique	eau réinjectée	croûte terrestre	mécanisme		pompe à chaleur	circulation des	hypothermie
sol	usine	faille	énergie renouvelable	eau	géologique		réchauffement	fluides	pétrole
source	volcan		flux de chaleur	écologie	naturelle		refroidissement	convection	rayons X
température			forage	écologique	noyau de la terre		système de tuyaux	durable	rivière
terre			géocooling	économie	phénomènes		système ouvert /	échange de	
			haute énergie	effet de serre	thermiques		fermé	chaleur	
			refroidir	énergie	physique		tuyaux	électricité	
			renouvelable	énergie de la	profondeur		capacité thermique	électrique	
			ressource	terre	roche		type de sols	forage, lave	
			vapeur	énergie	souffrance			magma	
			vapeur d'eau	thermique	humaine			nappe d'eau	
				environnement	sous-sol			chaude captive	
				fluide	souterrain			plaque	
				géographie	température			tectonique	
				géologie	tempéré			pression	
				géologue	terre			radioactivité	
				géophysique	terrestre			renouvelable	
				geyser	thermique			ressource	
				Islande	thermomètre			sous utilisé	
				laboratoire				tectonique	
								turbine, vapeur	
								volcan	

Tableau du deuxième traitement des mots fait en 2018 :

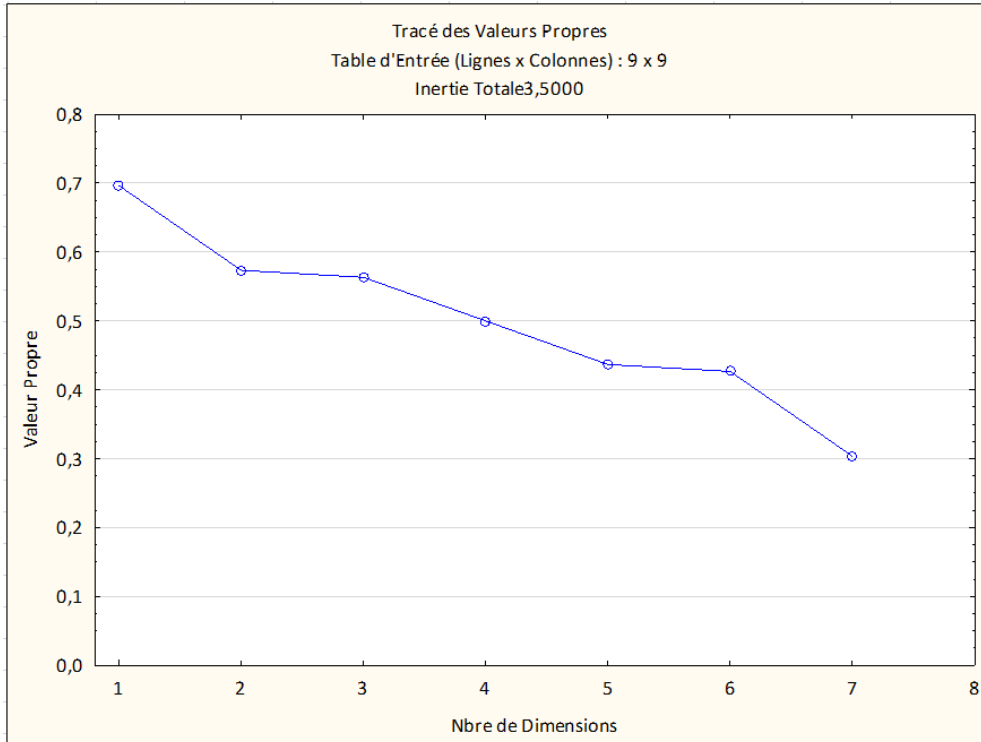
Guadeloupe (cohortes 1 et 3)				Québec (cohortes 2 et 4)					
1 AN	2 CN	3 CE	4 AE	1 AN		2 CN	3 CE	4 AE	5 HS
eau	couche D''	générateur	fluide	chaleur	géologique	échange	calories	effet de serre	carbone
énergie	électricité	Bouillante	flux	chaleur (calorie)	naturelle	sol	climatisation	énergie de la terre	diamant
interne	magma	Bouillante	anomalie thermique	chimie	noyau de la terre	sols	pompe	fluide	espace
profondeur	magmatisme	Guadeloupe	basse énergie	couche terrestre	phénomènes	air	pompe à chaleur	l'énergie	faille
sol	point chaud	centrale	chaleur interne	couches	thermiques	Barrage	système de tuyaux	thermique	océanique
source	usine	centrale	chaleur latente	croûte terrestre	physique	réchauffement	système ouvert/fermé	(énergie de la	hypothermie
température	volcan	géothermique	circuit	eau	profondeur	refroidissement	tuyaux	terre)	pétrole
terre		faille	conduction	écologie	roche		capacité thermique	3 types de	rayons X
chaleur		haute énergie	circulation de fluide	écologique	souffrance		type de sols	géothermie	rivière
chauffer		vapeur	eau réinjectée	économie	humaine		radioactivité	activité sismique	
		vapeur d'eau	énergie renouvelable	énergie	sous-sol			changement	
			flux de chaleur	énergie thermique	souterrain			climatique	
			forage	environnement	température			circulation des	
			géocooling	géographie	tempéré			fluides	
			refroidir	géologie	terre			durable	
			renouvelable	géologue	terrestre			échange de	
			ressource	géophysique	thermique			chaleur	
				geyser	thermomètre			électricité	
				Islande	chauffage			électrique	
				laboratoire	froid		renouvelable	forage	
				lithosphère	convection		ressource	nappe d'eau	
				mécanisme	lave		tectonique	chaude captive	
					magma		turbine	plaque tectonique	
					sous utilisé		vapeur	pression	
					volcan		CO2		

Annexe 12 – ACM réalisée sur la question 1, traitement 1



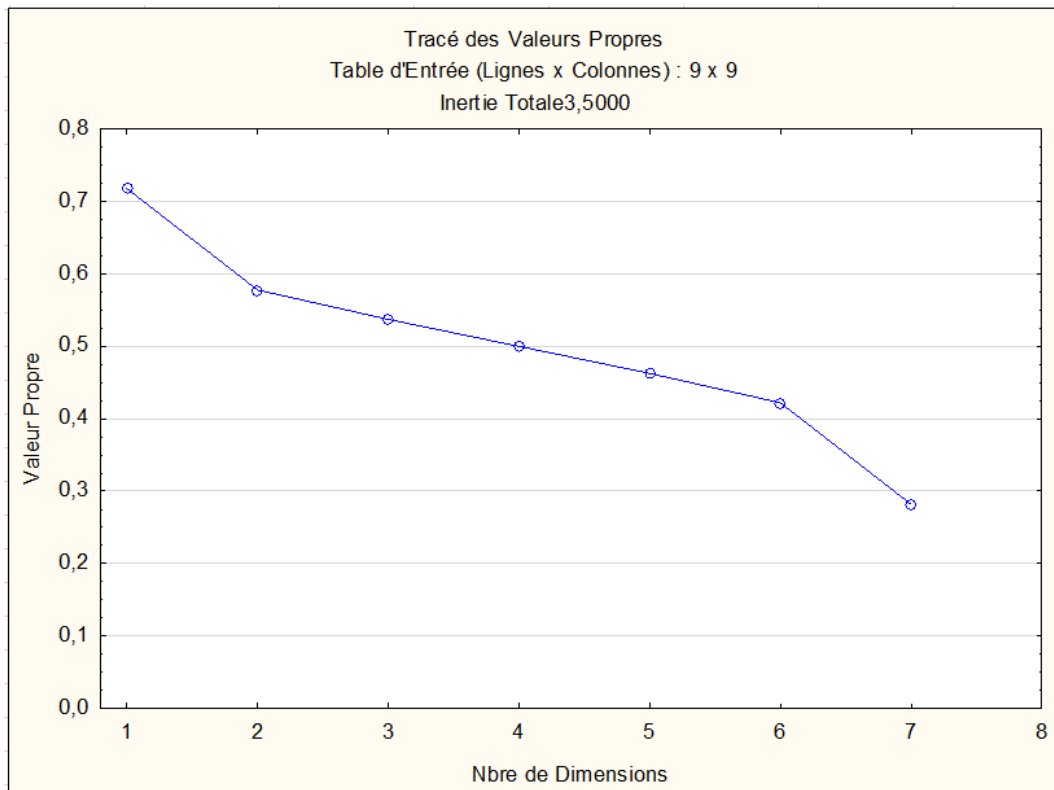
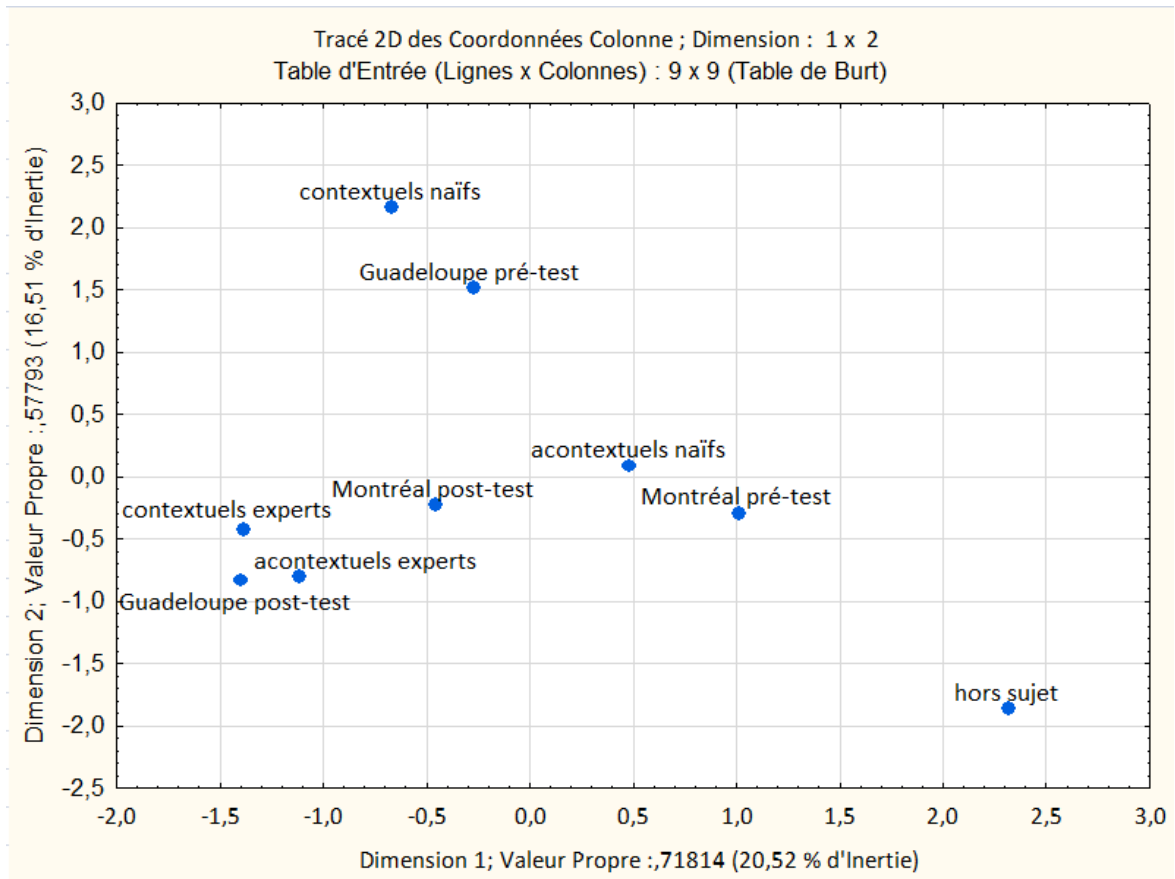
Coordonnées Colonne et Contributions à l'Inertie
Table d'Entrée (Lignes x Colonnes) : 9 x 9 (Table de Burt)
Inertie Totale 3,5000

Nom ligne	ligne numéro	Coord. Dim 1	Coord. Dim 2	Masse	Qualité	intertie relative	Inertie D1	Cosinus ² D1	linertie D2	Cosinus ² D2
Guadeloupe pré-test	1	-0,540	0,985	0,096	0,298	0,116	0,040	0,069	0,162	0,229
Montréal pré-test	2	0,975	0,248	0,186	0,601	0,090	0,254	0,564	0,020	0,037
Guadeloupe post-test	3	-1,420	0,331	0,067	0,330	0,124	0,194	0,313	0,013	0,017
Montréal post-test	4	-0,229	-1,077	0,151	0,525	0,100	0,011	0,023	0,305	0,502
acotextuels naïfs	5	0,557	-0,009	0,287	0,419	0,061	0,128	0,418	0,000	0,000
contextuels naïfs	6	-1,179	1,819	0,037	0,375	0,132	0,074	0,111	0,213	0,264
contextuel experts	7	-0,815	-1,671	0,055	0,430	0,127	0,053	0,083	0,269	0,348
acotextuel experts	8	-0,981	0,165	0,106	0,265	0,113	0,146	0,258	0,005	0,007
hors sujet	9	2,142	0,688	0,015	0,158	0,139	0,100	0,143	0,012	0,015



Valeurs Propres et Inertie de toutes les Dimensions Table d'Entrée (Lignes x Colonnes) : 9 x 9 (Table de Burt) Inertie Totale 3,5000					
nombre de dim	ValSing. Valeurs	ValProp. Valeur	%age Inertie	%age cumulé	Chi ² Carrés
1	0,83	0,70	19,89	19,89	437,74
2	0,76	0,57	16,38	36,28	360,49
3	0,75	0,56	16,09	52,37	354,10
4	0,71	0,50	14,29	66,66	314,33
5	0,66	0,44	12,48	79,14	274,55
6	0,65	0,43	12,19	91,32	268,17
7	0,55	0,30	8,68	100,00	190,91

Annexe 13 – ACM réalisée sur la question 1, traitement 2



Valeurs Propres et Inertie de toutes les Dimensions Table d'Entrée (Lignes x Colonnes) : 9 x 9 (Table de Burt) Inertie Totale 3,5000					
nombre de dim	Val Sing. Valeurs	Val Prop. Valeur	%age Inertie	%age cumulé	Khi ² Carrés
1	0,847	0,718	20,518	20,518	454,943
2	0,760	0,578	16,512	37,031	366,120
3	0,733	0,537	15,353	52,383	340,405
4	0,707	0,500	14,286	66,669	316,750
5	0,680	0,463	13,219	79,888	293,094
6	0,650	0,422	12,059	91,947	267,379
7	0,531	0,282	8,053	100,000	178,557