

## **Modélisations de contextes pour l'apprentissage par effets de contextes : un exemple sur le sujet de la géothermie**

**Claire ANJOU**

CRREF (EA 4538) – Université des Antilles

### **Résumé**

La prise en compte des contextes dans l'enseignement des sciences est un élément essentiel pour la compréhension des concepts scientifiques et la motivation des apprenants (King, 2012). En effet, les contextes externes des apprenants, au sens de leur environnement, participent à la construction de leurs conceptions (Van Wissen, Kamphorst et Van Eijk, 2013). Lorsque des décalages sont mis en évidence entre les conceptions d'apprenants issus de contextes différents ou entre la conception d'un apprenant et son observation du réel, on parle d'effets de contextes (Merlo-Leurette et Forissier, 2009). Les effets de contextes sont des phénomènes de rupture (De Vecchi, 1990) dans les apprentissages et peuvent prendre la forme d'affect lors d'interactions. Afin de favoriser la mise en place de pédagogies basées sur les effets de contextes, nous proposons de modéliser différents contextes géothermiques, et d'en calculer les écarts. Les écarts identifiés permettront de prévoir l'émergence d'effets de contextes lors d'un travail coopératif entre des étudiants de Montréal et de Guadeloupe. Nous décrivons par la suite une expérimentation pédagogique dont le scénario est basé sur les écarts modélisés. L'objectif est de décrire les apprentissages lors de l'expérimentation et d'identifier les effets de contextes afin d'améliorer leur caractérisation.

### **Mots-clés**

Contexte, effets de contexte, écarts de contexte, apprentissage, modélisation, géothermie.

### **Abstract**

Contexts, in teaching situations, are essential for the understanding of scientific concepts and for learners' motivation (King, 2012). Indeed, learners' external contexts or environments take place in the construction of their conceptions (Van Wissen, Kamphorst et Van Eijk, 2013). We call context effects moments when gaps are highlighted between conceptions of learners coming from distinct contexts, or between the conception of a learner and his observation of the real (Merlo-Leurette et Forissier, 2009). Context effects are breaking phenomena (De Vecchi, 1990) occurring during learning process that can take the form of affect during interactions. In order to promote the implementation of pedagogies based on context effects, we propose to model geothermal contexts, and to calculate gaps between those contexts. The gaps calculation will allow the prediction of contexts effects' emergence relatively to geothermal energy, during cooperative work between students from Montreal and Guadeloupe. We also describe a pedagogical experiment whose scenario is based on the modelled deviations. The objective is to describe the learning during the experiment and to identify context effects in order to improve their characterization.

### **Keywords**

Context, context effects, context gaps, learning process, modeling, geothermal energy.

## 1. Introduction

La Guadeloupe est un territoire français qui se heurte continuellement à des incohérences didactiques liées aux décalages existant entre le contexte de création de prescrits nationaux (la France) et celui dans lequel ils sont mis en place. Ces phénomènes sont désormais bien connus et des adaptations ont été effectuées. Mais ces simples adaptations ne sont parfois pas suffisantes et ne permettent pas répondre aux besoins didactiques contextuels du territoire. Les recherches s'inscrivant dans le cadre de la contextualisation didactique s'intéressent aux contextes dans les processus d'enseignement et d'apprentissage. L'étude<sup>1</sup> présentée ici a pour ambition de réfléchir à une conception de scénarios pédagogiques intégrant les contextes et de la mettre en place. La première partie de l'article situe le cadre de l'étude dans la littérature, et présente les principales théories sur lesquelles s'appuie la recherche. La méthodologie du *Design based research* utilisée ici permet de travailler sur des théories ainsi que sur leur application concrète de manière conjointe. Ainsi, les outils théoriques créés et les données d'expérimentation récoltées seront illustrés, puis analysés. Enfin les conclusions seront discutées dans une partie finale.

## 2. Cadre théorique

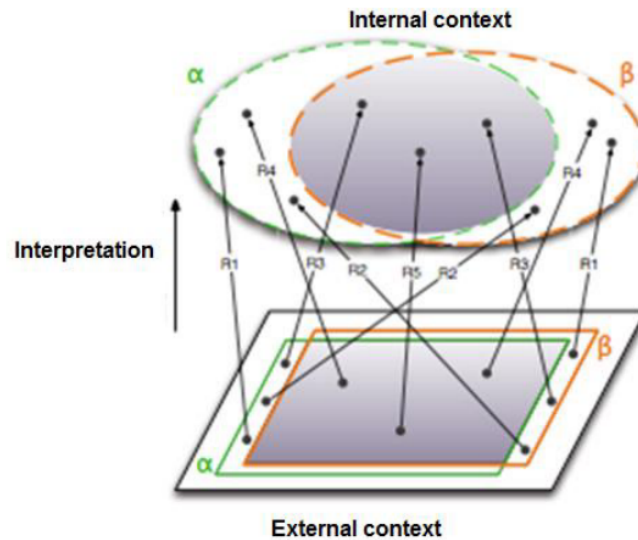
### 2.1. Le contexte

Le terme « contexte » est très vague et difficilement définissable car il peut être utilisé dans diverses disciplines et possède un sens propre pour chacune d'elles. Dans le champ des sciences de l'éducation, le contexte est bien souvent défini comme un facteur externe aux apprentissages. Il peut par exemple correspondre aux contraintes institutionnelles pesant sur la relation entre enseignants et élèves (Sauvage Luntadi et Tupin, 2012). En sociologie de l'éducation, le contexte agit sur le comportement d'un individu. Il peut prendre, par exemple, la forme des relations entre les paramètres contextuels et individuels qui influencent la réussite scolaire (Duru-Bellat et Mingat, 1988). En didactique des langues (Blanchet, Moore et Asselah Rahal, 2009), le contexte est constitué par la présence des langues dans l'environnement, 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, d'un verbatim. Il correspond au cadre au travers duquel le message est transmis. En didactique des sciences, les *context-based approaches* s'intéressent aux contextes naturels des élèves comme élément motivant (King, 2012) en améliorant les attitudes envers la science ainsi que la compréhension des concepts scientifiques (Bennett, Lubben et Hogarth, 2007). Ces approches permettent des enseignements authentiques et stimulants (Schwartz, Lederman et Crawford, 2004). Certaines approches pédagogiques contextuelles en sciences mettent l'accent sur l'application concrète des concepts et sont un moyen d'améliorer la compréhension scientifique du monde réel entourant les élèves. Elles peuvent également leur permettre de développer leurs capacités à fonctionner comme des acteurs responsables dans leur vie quotidienne (Bennett, 2005). Le contexte peut être à la source d'un questionnement et d'un remaniement des connaissances. Par exemple, l'observation du croissant de lune horizontal en zone tropicale peut être en décalage avec la conception d'un croissant vertical qu'aura un apprenant (Forissier, 2015). Cette observation en contexte peut générer une rupture légitimant l'apprentissage des concepts scientifiques liés aux phases de la lune en les rendant significatifs.

---

<sup>1</sup> L'auteure remercie pour son soutien financier le projet GEOTREF (GEOThermie haute énergie dans les Réservoirs Fracturés) financé par l'ADEME (Agence De l'Environnement et le Maîtrise de l'Énergie) et le projet TEEC (Technologie Éducative pour l'Enseignement en Contexte) financé par l'ANR (Agence nationale de la Recherche).

Les relations entre contexte et cognition, 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 impliquée, et dans l'autre, le contexte est relatif à des éléments externes à l'individu (Bazire et Brézillon, 2005). 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 et al. (2013). Elles définissent le contexte externe d'un individu comme étant tout ce qui l'entoure et interagit avec lui, et le contexte interne comme étant la représentation mentale que se fait un individu d'un objet ou d'un concept donné.



**Figure 1 : Contextes externes et contextes internes de deux individus (Van Wissen et al., 2013 : 176)**

Comme l'illustre le schéma ci-dessus (cf. Figure 1), les contextes internes et externes de deux individus  $\alpha$  et  $\beta$  sont partiellement différents et peuvent interagir entre eux (les flèches illustrent les interactions entre les différents contextes représentés), les deux notions sont donc étroitement liées. Le contexte externe d'un individu, son environnement, participe à la construction de son contexte interne donc de ses conceptions. Ainsi, nous pensons que les conceptions d'étudiants vis-à-vis de la géothermie seront différentes si ces étudiants sont issus de contextes externes, ou de zones géographiques différentes, et qu'elles seront influencées par le contexte géothermique de l'endroit.

## 2.2. Les effets de contextes

Selon Delcroix, Forissier et Anciaux (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 leur réalisation ». Il sont qualifiés de cette manière lorsque le décalage est attribué « aux différents contextes en présence dans le processus didactique » (Delcroix et al., 2013). Forissier (2015) définit un effet de contextes 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 » (Forissier, 2015 : 166). Tout comme Acioly-Regnier et Regnier (2005), il considère que les contextes d'apprentissage peuvent générer des obstacles qui vont influencer le développement conceptuel.

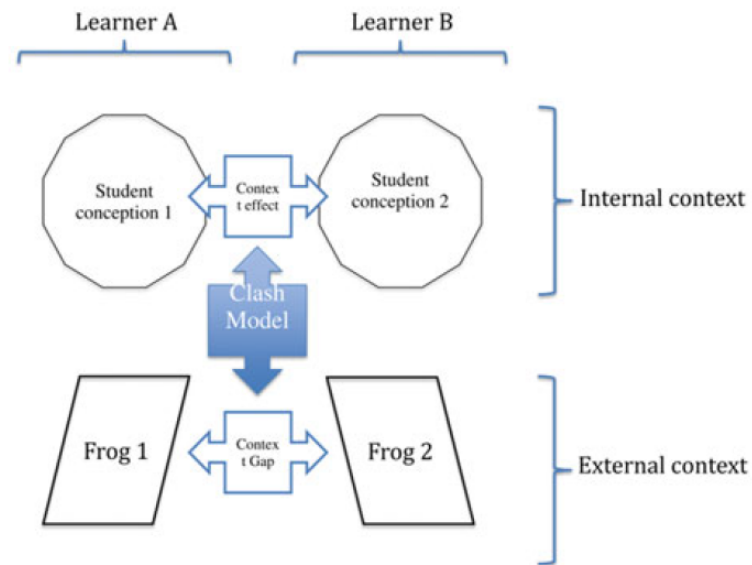
La création de situations particulières dans lesquelles des apprenants sont amenés à confronter leurs représentations d'un objet au réel ou dans lesquelles des apprenants aux contextes internes différents, confrontent leurs représentations mutuelles en interagissant, permet de générer des effets de contextes prenant la forme de conflits cognitifs ou sociocognitifs. La mise en place d'une pédagogie basée sur les effets contextes peut permettre de mieux marquer l'esprit d'un apprenant en bousculant ces conceptions, son « déjà là ». Les effets de contextes provoquent alors un genre de choc cognitif permettant de heurter leur sérénité.

Nous cherchons à utiliser les contextes et effets de contextes comme un levier aux apprentissages, par le moyen d'approches pédagogiques telles que la démarche d'investigation (Cariou, 2015) et les collaborations entre étudiants.

### **2.3. Le modèle clash**

L'utilisation du contexte au sens de l'environnement d'un apprenant en situation didactique peut être un outil pour des enseignements authentiques. Dans l'enseignement de la géologie, le terrain constitue un support naturel pour la compréhension des concepts et leur échelle (Orange, Beorchia, Ducrocq et Orange, 1999 ; Sanchez, Prieur et Devallois, 2004). La prise en compte du contexte interne d'un apprenant est également cruciale et doit servir de ressource pour l'enseignement (Giordan et de Vecchi, 1990). Effectivement, les conceptions des apprenants, si elles ne sont pas prises en compte, peuvent être des obstacles à l'apprentissage. La confrontation du contexte interne, au réel, à l'observable, 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, 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 d'aspect 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 peut devenir un besoin. 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 d'observation sur Terre (Delcroix et al., 2013). 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 pourra être plus riche.

Ainsi, les effets de contextes sont des outils pouvant permettre d'acquérir des connaissances plus ouvertes sur le monde en comparaison avec des connaissances acquises de manière traditionnelle. L'apprentissage par effet de contexte peut permettre de prendre du recul et de former l'esprit critique. Mais le contexte interne peut aussi être à la source d'effets de contextes lorsqu'il est confronté au contexte interne d'une autre personne. Si deux individus ayant des conceptions différentes d'un objet d'étude partagent leurs conceptions, interagissent, alors des effets de contextes peuvent émerger (cf. Figure 2). De la même manière que pour les effets de contextes entre le réel et les conceptions d'un individu, le décalage entre les deux contextes internes peut provoquer une rupture nécessitant un remaniement des connaissances conduisant à un apprentissage.



**Figure 2 : Le modèle clash (Forissier, Bourdeau, Mazabraud et Nkambou, 2014)**

Le modèle ci-dessus illustre l'organisation de l'émergence des effets de contextes entre les contextes internes de deux apprenants, lors d'un projet pédagogique sur les grenouilles. Les contextes externes des apprenants participent à la construction de leur contexte interne, vis-à-vis d'un objet d'étude. Les contextes externes peuvent être différents en fonction des individus et présenter des écarts. Ainsi, selon le schéma, comme il n'est pas possible de modéliser les conceptions d'individus, la modélisation des contextes externes pourrait permettre d'identifier des écarts dans les conceptions des apprenants, et donc 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 et ce modèle s'appelle le « modèle clash ».

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 » (Fécil, 2014 : 5). Dans cette perspective, une expérimentation pédagogique a été réalisée, avec pour objectif d'étudier les effets de contextes, en créant des situations d'enseignements permettant d'observer et d'enregistrer ces effets de contexte. Cette expérimentation, impliquant des élèves de primaire de Guadeloupe et de Montréal dans la discipline de la biologie s'intéresse plus précisément aux grenouilles, dont les plus courantes sont très différentes entre les deux environnements (le ouaouaron pour Montréal et l'hylode pour la Guadeloupe). Les résultats de cette étude permettent d'établir que les effets de contexte prennent la forme d'actions surprenantes lors d'investigation de terrain, menant les élèves à se rendre compte par eux même que leurs conceptions sont erronées. Il s'agit d'effet de contextes opposant la réalité observée et une conception imaginaire de l'objet d'étude. Elle établit également que les effets de contextes peuvent émerger lors d'échanges entre des élèves ayant des conceptions bien différentes, et alors créer des chocs ou des heurts de représentations pouvant mener à l'émergence d'émotions. Un enseignement basé sur les effets de contextes pourrait donc comporter deux phases cruciales :

une démarche d'investigation en contexte afin d'ancrer les conceptions des élèves dans le contexte, et des interactions avec des élèves d'un autre contexte afin de provoquer les clashes de contextes et de faire émerger des effets de contextes. La question se pose alors de comment mettre en place un tel enseignement faisant émerger les effets de contextes ? Comment prévoir l'émergence des effets de contextes ?

Dans ce travail, nous posons l'hypothèse suivante : la modélisation des contextes géothermiques en Guadeloupe et au Québec, et la comparaison de ces contextes permet de prévoir les thématiques sur lesquelles vont apparaître les effets de contextes.

### 3. Méthodologie de recherche

Nous souhaitons ici décrire une pédagogie complexe et son organisation, avec d'une part, une modélisation des contextes géothermiques de deux territoires, et des effets de contextes liés, et d'autre part, une expérimentation pédagogique impliquant des étudiants aux contextes géothermiques différents dans un projet pédagogique portant sur la géothermie. L'objectif à long terme est de conceptualiser une pédagogie basée sur les effets de contextes. Cette conceptualisation, selon nous, ne peut se faire que par une vérification de la robustesse de la pédagogie, et donc par l'élaboration répétée d'expérimentations avec différents profils d'étudiants et d'élèves, mais également à propos de différents objets d'études pouvant s'intégrer dans différentes disciplines. Une telle situation d'expérimentation requiert l'implication d'enseignants acceptant de mettre à la disposition de la recherche leurs étudiants. Un travail conjoint entre enseignants et chercheurs est nécessaire afin que le scénario et l'organisation pédagogique répondent aux besoins de la recherche. Afin de connaître au mieux les différents contextes relatifs à l'objet étudié, il est également nécessaire de s'approprier des savoirs viables et experts sur cet objet, dans les deux contextes géographiques. La prise en compte de ces savoirs nécessite, selon nous, l'implication d'experts de l'objet étudié, ici la géothermie, dans les contextes en jeu, et cela afin de connaître les différences entre les deux contextes de l'objet.

Nous nous inspirons de la méthode de recherche du *Design Based Research* (Bourdeau, 2017) afin de mettre en place ce projet de recherche, qui est fondée sur la collaboration entre enseignants et chercheurs, et y ajoutons une collaboration supplémentaire, celle des experts de notre objet d'étude (la géothermie). Cette méthodologie de recherche est également fondée sur la répétition successive d'expérimentations permettant de faire évoluer l'hypothèse de recherche. L'expérimentation décrite ici correspond à une deuxième expérimentation dont les hypothèses sont fondées sur les théories relatives aux apprentissages par effets de contextes (la première expérimentation étant celle abordée plus haut, menée par Sophie Fécil, en 2014, sur le sujet des grenouilles).

Le design pédagogique à mettre en place pour la réalisation de l'expérimentation nécessite de pouvoir prévoir l'émergence des effets de contextes. Comme décrit plus haut, les effets de contextes sont susceptibles d'apparaître lors de confrontations entre les conceptions de deux apprenants (ECii), ou lors d'une confrontation entre les conceptions d'un apprenant et son observation du réel (ECei). Notre observation se concentre sur le premier cas. Afin de mettre en interaction les conceptions des apprenants, il est nécessaire qu'ils communiquent entre eux. Les communications doivent se faire sur le sujet de l'objet d'étude et les échanges doivent être spontanés afin de maximiser les chances d'émergence des effets de contextes. Afin que les apprenants se fassent leur propre représentation de l'objet d'étude et qu'ils le fassent dans leur contexte, la pédagogie est basée sur la démarche d'investigation (recherches internet,

enquêtes de terrain, questionnements d'experts de la géothermie, afin de résoudre un problème scientifique). En vue de maximiser les échanges entre apprenants et de pouvoir les récolter, une plateforme numérique Moodle contenant différents outils (chat, forum, carnet de suivi individuel, etc.) a été mise à disposition des étudiants.

#### 4. Modéliser le contexte

Dans un premier temps, un prototype du modélisateur de contexte appelé le *Mazcalc* a été créé sur un tableur. À long terme, l'ambition est de créer une plateforme informatique accessible en ligne, afin de favoriser les collaborations entre enseignants, chercheurs et experts. Le prototype a pour objectif de qualifier et de quantifier les écarts de contextes vis-à-vis d'un objet d'étude, en modélisant différents paramètres contextuels de cet objet.

##### 4.1. Le vocabulaire du Mazcalc

La création du vocabulaire du Mazcalc s'est faite en collaboration avec Roger Nkambou du GDAC de l'UQAM<sup>2</sup>.

- Un contexte est toujours défini relativement à un objet d'étude : ici, la géothermie.
- L'objet d'étude comporte un ensemble de paramètres desquels il est dépendant.
- À chaque paramètre est attribuée une variable, cette variable correspond à une valeur.
- Les paramètres possèdent des propriétés, lesquelles définissent la manière dont ils vont être traités.
  - Ils peuvent être composites, dépendants ou indépendants : s'ils sont composites, le choix de la variable du paramètre donne lieu à un nouveau paramètre en fonction du premier, et pouvant, à nouveau, donner lieu à un paramètre composite, le paramètre issu de son paramètre parent est donc dépendant. Cela forme un arbre dont les valeurs par niveau sont pondérées.
  - Ils peuvent être empiriques (issus de la littérature), estimés (par les experts), calculés (à partir de données), mesurés (par les apprenants).
  - Ils peuvent être de nature quantitative ou qualitative.
  - Ils peuvent comporter une échelle de variables continues ou discrètes.
  - Ils peuvent posséder une liste de variables ordinales ou nominales.
- Un paramètre fait partie d'une ou plusieurs familles de regroupement ;
- Une famille de regroupement est utilisée pour partitionner le contexte et peut être :
  - Soit un domaine d'investigation des étudiants ;
  - Soit une échelle d'observation ;
  - Soit une thématique d'observation de l'objet d'étude...

##### 4.2. Implémentation du Mazcalc pour le sujet de la géothermie

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. Au Québec, 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 de la

---

<sup>2</sup> Laboratoire pour la Gestion, Diffusion et Acquisition de Connaissances de l'Université du Québec à Montréal.

plaque atlantique 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 (environ 200°C à 1 km de profondeur). En Guadeloupe, ce potentiel est exploité et l'usine de Bouillante produit environ 5% de l'électricité guadeloupéenne.

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<sup>3</sup> de Québec et des chercheurs de l'Université des Antilles en Guadeloupe, spécialistes du domaine de la géothermie<sup>4</sup>. Ces collaborations ont permis d'établir une liste détaillée des éléments pouvant définir un contexte géothermique. Ces éléments ont tous été implémentés dans le prototype du Mazcalc. Puis des valeurs ont été attribuées à chaque paramètre en fonction du contexte à modéliser (géothermie en Guadeloupe et géothermie au Québec) afin de générer le calcul d'écart. La figure 3 montre une vue d'ensemble de la feuille de calcul élaborée pour la modélisation des écarts de contextes géothermiques.

| 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  |               |      |
|                                                            | Type d'énergie produite par la géothermie  | Electricité            | 2          | Chaleur           | 1      | 1  | 1         | 1,00  |               |      |
| Hydrogéologie                                              | Profondeur de l'aquifère                   | 1000-2000m             | 6          | <200m             | 2      | 8  | 4         | 0,50  | 0,25          |      |
|                                                            | 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    |               |      |
|                                                            | porosité de la roche                       | pas d'information      | ND         | pas d'information | ND     | 5  | ND        | ND    |               |      |
|                                                            | nature du fluide                           | eau météorique         | 1          | eau météorique    | 1      | 4  | 0         | 0,00  |               |      |
| Géomorphologie                                             | Type de relief                             | Vallée                 | 7          | Plateau           | 2      | 6  | 5         | 0,83  | 0,83          |      |
| Structurale                                                | 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  |               |      |
| Industrie                                                  | 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  | 0,14          |      |
|                                                            | 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          | 0,30 |
|                                                            |                                            | 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 3 : Vue d'ensemble du prototype du Mazcalc

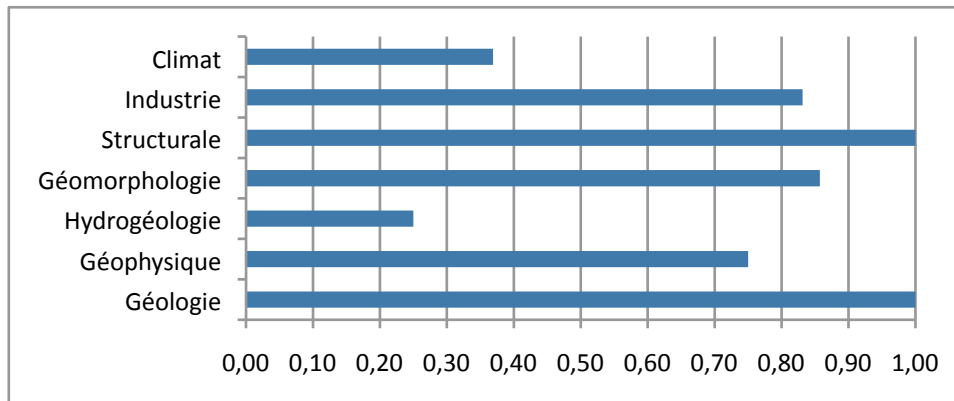
#### 4.3. Résultat du calcul d'écart

La représentation des écarts peut se faire sous forme d'histogrammes. Il est possible de visualiser les écarts soit, par paramètre, soit par famille. La figure 4 illustre les écarts calculés par famille, pour la géothermie en Guadeloupe et au Québec. Ce graphique fournit un support

<sup>3</sup> Institut National de la Recherche Scientifique.

<sup>4</sup> Les chercheurs ayant participé à l'implémentation du Mazcalc sont Yves Mazabraud en Guadeloupe, et Michel Malo et Jasmin Raymond au Québec.

qualitatif et quantitatif sur les éléments bien différents entre les contextes en question. 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.

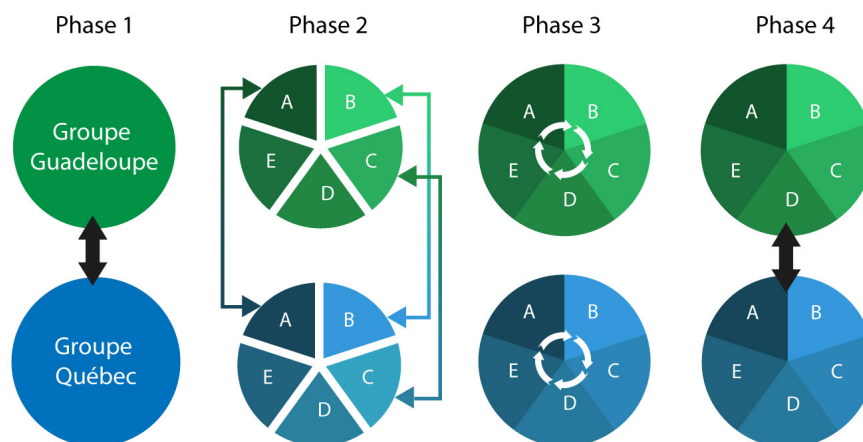


**Figure 4 : Histogramme quantifiant les écarts de contextes géothermiques entre la Guadeloupe et Montréal**

## 5. Expérimentation pédagogique

### 5.1. Description de l'expérimentation

Afin de mettre en œuvre l'expérimentation pédagogique basée sur les effets de contextes, deux classes de niveaux équivalents des deux contextes géothermiques bien distincts ont été impliquées : une classe de Guadeloupe et une de Montréal au Québec. L'avantage de cette collaboration est, d'une part, une langue commune, le français, rendant possibles les échanges entre chercheurs, enseignants et étudiants, et, d'autre part, un décalage horaire absent facilitant la coordination des séances et donc les interactions spontanées. En Guadeloupe, l'expérimentation s'est organisée dans une classe de 12 élèves de l'École Supérieure et du Professorat et de l'Éducation, composante de l'Université des Antilles, aux Abymes. Il s'agit d'étudiants de niveau Master 1 et Master 2, formation MEEF (Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation) en SVT (Sciences de la Vie et de la Terre). À Montréal, 26 étudiants de l'Université du Québec à Montréal ont participé. L'organisation de la classe lors de l'expérimentation est inspirée de la méthode Jigsaw (Aronson, 1978).



**Figure 5 : Organisation des phases d'interactions de l'expérimentation**

Les apprenants sont organisés en deux grands groupes (l'un au Québec, l'autre en Guadeloupe) eux-mêmes constitués de cinq petites équipes. À chaque équipe correspond une équipe homologue de l'autre groupe avec laquelle des collaborations sont organisées. Quatre phases de travail sont mises en place et illustrées dans le tableau 1.

|                |                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Phase 1</b> | Présentation du scénario pédagogique<br>Débat choix de thématiques communes<br>Échanges inter-groupes | Après la présentation pédagogique, les étudiants doivent se mettre d'accord sur cinq thématiques communes d'un côté comme de l'autre. Pour ce faire, une visio conférence entre les deux groupes classe est mise en place.<br>Enseignants : encouragent le débat, peuvent intervenir, questionnent pour stimuler l'échange.<br>Chercheur : enregistre les échanges |
| <b>Phase 2</b> | Investigations scientifiques<br>Échanges inter-équipes                                                | Chaque thématique est investiguée par deux équipes, une côté Guadeloupe et une côté Montréal dans le contexte local. Des échanges en visio conférence sont mis place entre les équipes homologues pour échanger les idées et pistes d'investigation.<br>Enseignants : guident les étudiants<br>Chercheur : enregistre les échanges                                 |
| <b>Phase 3</b> | Préparation de la présentation finale<br>Échanges intra-groupes                                       | Les étudiants préparent une présentation commune au groupe, en collaborant sur les différentes thématiques investiguées.<br>Enseignants : guident les étudiants<br>Chercheur : enregistre les échanges                                                                                                                                                             |
| <b>Phase 4</b> | Évaluation orale et débriefing<br>Échanges inter et intra groupes                                     | Les étudiants présentent leur travail sous la forme d'une présentation orale en visio conférence, ils peuvent également poser des questions sur les présentations de l'autre groupe<br>Un bilan et des discussions autour du projet sont organisés<br>Chercheur : enregistre les échanges                                                                          |

**Tableau 1 : Organisation des phases de travail de l'expérimentation**

## 5.2. Recueil de données

Un suivi très détaillé de tout le déroulement du projet s'est fait afin de recueillir un maximum de données. Des données de différentes natures ont été recueillies et sont présentées ci-dessous.

Échanges :

- les échanges entre les équipes homologues de Montréal et de Guadeloupe ont été enregistrés via des outils d'enregistrement 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, débat ainsi que de la dernière séance, présentation des résultats ont été réalisés du côté de la Guadeloupe ;
- des enregistrements audio d'interactions entre les étudiants entre eux et avec les enseignants et chercheurs en didactique ont été enregistrés grâce au dictaphone du côté de la Guadeloupe ;
- les échanges effectués sur la plateforme Moodle ont été recueillis (chat, forum).

Questionnaires :

- un questionnaire pré-test et 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'expérimentation ;
- des questionnaires de ressenti de fin de séance ont été soumis par voie numérique à la fin de chaque séance afin d'avoir un retour des étudiants sur le déroulement.

Productions :

- les productions (rapports et présentations) 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 mis en place sur la plateforme Moodle et récoltés.

Enseignants :

- 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 au regard des objectifs de la recherche. Seuls les résultats issus des enregistrements vidéo des échanges et des questionnaires pré-test et post-test seront présentés ici.

*5.2.1. Questionnaires pré-test et post-test*

Le questionnaire soumis aux étudiants contient 20 questions pour 20 minutes de passation, et est identique pour le pré-test et le post-test, en Guadeloupe et à Montréal. Il contient :

- 14 questions sur les connaissances et opinions de la géothermie (10 questions ouvertes, 2 dessins, et 2 questions à choix multiples) ;
- 6 questions sur l'identification de l'individu (âge, origine, etc.).

Chaque question a été traitée, en fonction de l'échantillon auquel appartient l'étudiant qui y a répondu :

- Échantillon 1 : Guadeloupe, pré-test ;
- Échantillon 2 : Montréal, pré-test ;
- Échantillon 3 : Guadeloupe, post-test ;
- Échantillon 4 : Montréal, post-test.

Pour les questions relatives aux connaissances 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, 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 ». En ce qui concerne la dimension de l'expertise, le traitement oppose les réponses « naïves » aux réponses « expertes ». 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 elles emploient un vocabulaire issu d'un registre commun ou familier. Les réponses sont considérées comme « expertes » si elles sont correctes et utilisent un vocabulaire technique, faisant référence à des concepts scientifiques complexes.

Les questionnaires ont été analysés de manière qualitative et quantitative. La méthode statistique a permis d'effectuer des tris à plat ainsi que des analyses de correspondance multiples, et les dessins ont été décrits de manière qualitative.

### 5.2.2. Vidéos des échanges entre étudiants

Un total de 6 vidéos a été enregistré pendant les échanges en visioconférence entre les équipes de Guadeloupe et de Montréal. La durée totale de ces enregistrements est de 95 minutes. La méthode d'analyse des vidéos des interactions utilisée permet d'identifier des effets de contextes et de préciser leurs caractéristiques. Pour cela, celle-ci s'effectue à deux niveaux : une analyse basée sur l'audio, c'est-à-dire sur les contenus des échanges ainsi que d'autres dimensions uniquement perceptibles par l'audio et une analyse visuelle, basée sur les expressions faciales des interlocuteurs ainsi que sur leurs postures et positions. Le couplage des analyses visuelles et sonores/auditives (verbal et para-verbal) permet de spécifier les différents critères permettant de mieux identifier ou décrire les effets de contexte.

## 5.3. Résultats de l'analyse des données

### 5.3.1. Questionnaires pré-test et post-test

Afin d'illustrer les résultats obtenus par l'analyse des questionnaires, le détail de la première question du questionnaire sera présenté ici. Pour cette question, des analyses descriptives, et des analyses de correspondances multiples (ACM) ont été réalisées.

#### Question 1 : Donnez 5 mots qui, selon vous, sont en lien avec la géothermie

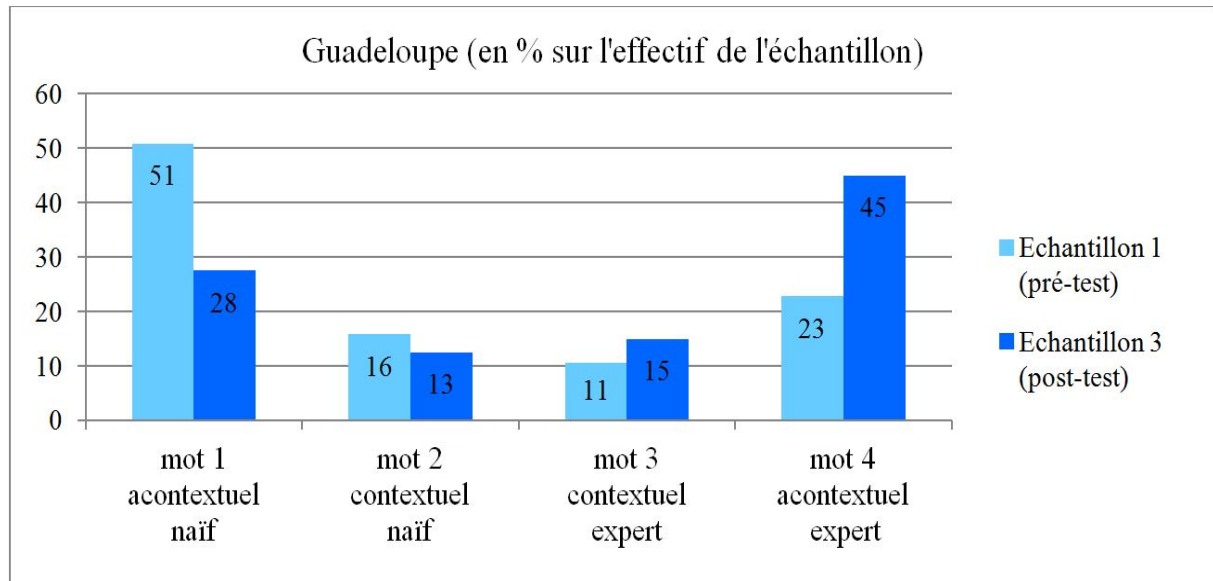
Un total de 298 mots a été récolté. Chaque mot a été analysé en fonction de l'échantillon auquel appartenait l'étudiant qui l'a énoncé et en fonction des deux dimensions expliquées plus haut (contextualité et expertise). Il est important de noter que le traitement n'est pas le même pour l'échantillon de Guadeloupe et celui de Montréal. Effectivement, les mots qualifiés comme contextuel pour la Guadeloupe sont des mots fortement liés au contexte géothermique guadeloupéen. Ces mêmes mots cités par des étudiants de Montréal, n'appartenant donc pas au contexte géothermique québécois, ils ne peuvent pas être classés comme « contextuel », ils seront qualifiés d'expert, et inversement. Ce traitement a donné lieu à 5 catégories de mots dont les exemples sont présentés dans le tableau 2 et les effectifs de mots par catégories et par échantillons dans le tableau 3 (cf. Tableaux 2 et 3).

| Catégories de mot                | Guadeloupe                                                                                                              | Montréal                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mots 1 :<br>acontextuels naïfs   | eau, énergie, sol, profondeur,<br>source, température, terre                                                            | écologie, effet de serre, environnement,<br>fluide, géographie, géologie, geyser,<br>Islande, laboratoire, naturel, physique,<br>roche, thermomètre, terre, sous-sol,<br>souterrain |
| Mots 2 :<br>contextuels naïfs    | volcan, usine, magma,<br>magmatisme, point chaud,<br>électricité                                                        | sol, air, réchauffement, refroidissement,<br>échange                                                                                                                                |
| Mots 3 :<br>contextuels experts  | centrale géothermique, Bouillante,<br>faille, générateur, vapeur, haute<br>énergie                                      | pompe, climatisation, radioactivité,<br>capacité thermique, système ouvert/fermé                                                                                                    |
| Mots 4 :<br>acontextuels experts | flux de chaleur, conduction, énergie<br>renouvelable, chaleur interne,<br>anomalie thermique, forage, eau<br>réinjectée | plaque tectonique, effet de serre,<br>ressource, électricité, pressions, turbine,<br>durable, vapeur                                                                                |
| Mots 5                           |                                                                                                                         | pétrole, rayon X, espace, hypothermie,<br>rivière                                                                                                                                   |

**Tableau 2 : Exemples de mots cités par catégories**

| Q1                                         | Mot 1 | Mot 2 | Mots 3 | Mots 4 | Mots 5 | Nombre de mots par échantillon |
|--------------------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------------------------------|
| Échantillon 1                              | 29    | 9     | 6      | 13     | 0      | 57                             |
| Échantillon 2                              | 82    | 3     | 5      | 13     | 8      | 111                            |
| Échantillon 3                              | 11    | 5     | 6      | 18     | 0      | 40                             |
| Échantillon 4                              | 49    | 5     | 16     | 19     | 1      | 90                             |
| Nombre d'occurrences par catégories de mot | 171   | 22    | 33     | 63     | 9      | Nombre de mots total : 298     |

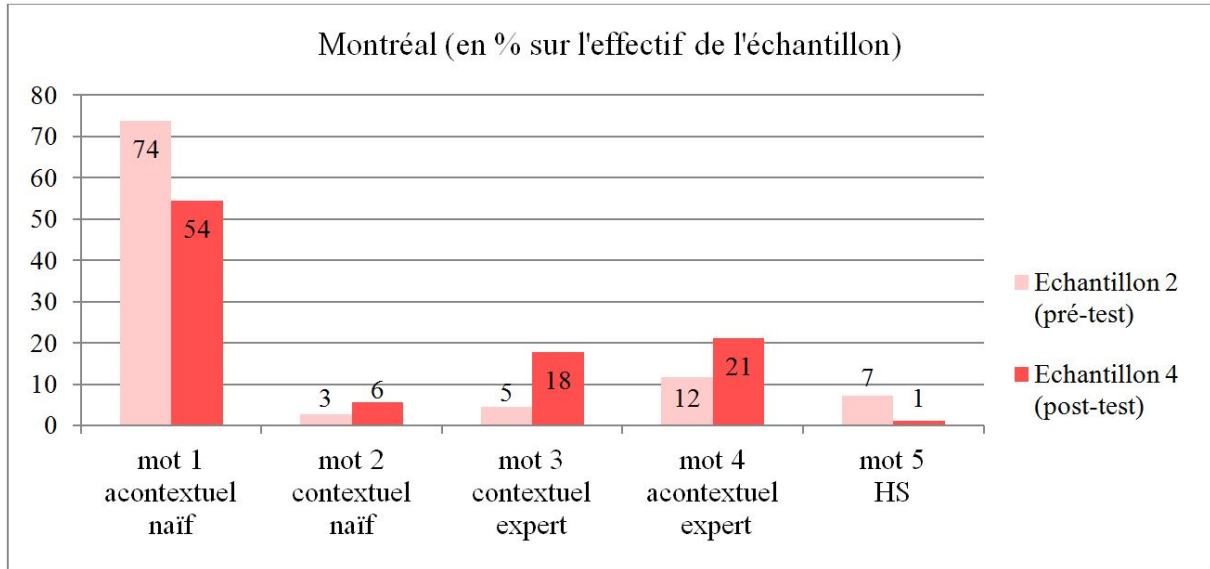
**Tableau 3 : Effectifs de réponse par échantillon par catégorie de mot pour la question 1 du pré-test post-test**



**Figure 6 : Tris à plat de la question 1 du pré-test post-test, Guadeloupe**

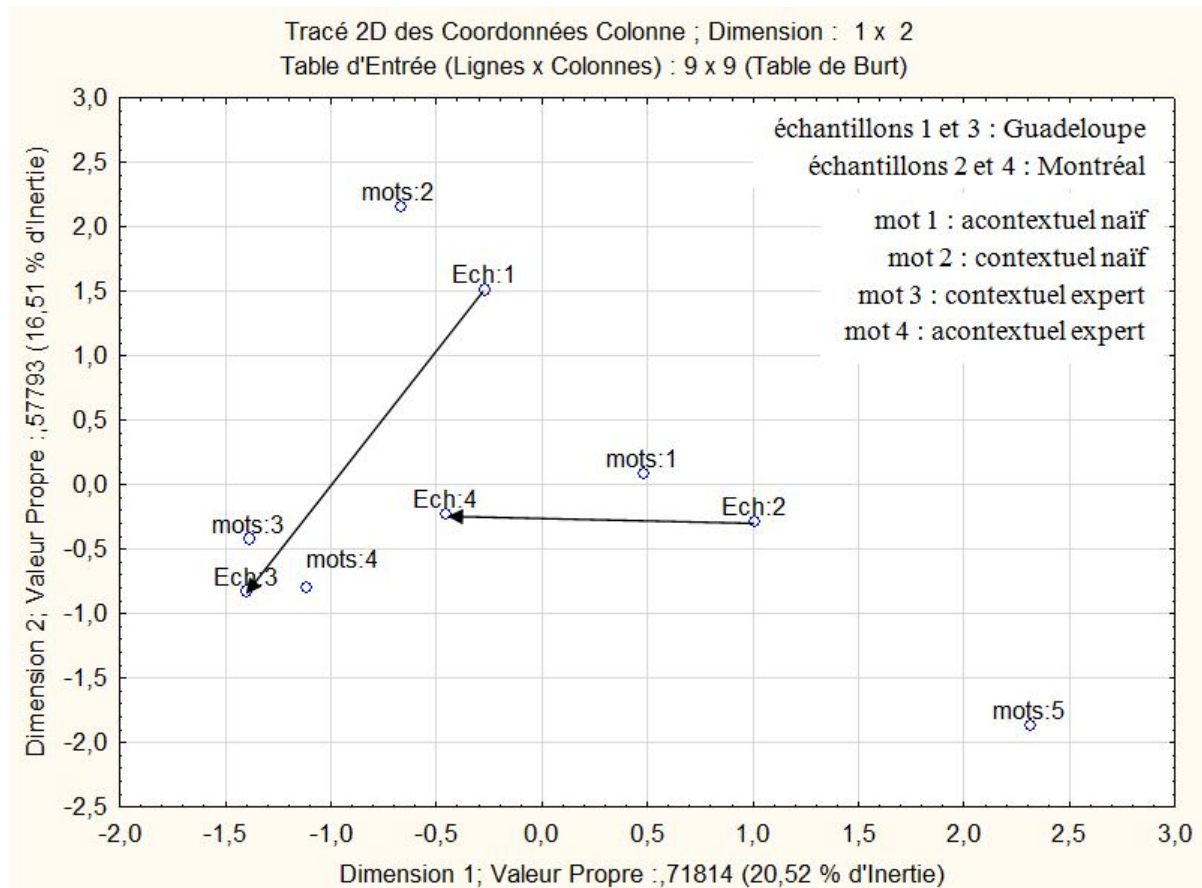
En Guadeloupe, 51% des mots récoltés en pré-test sont des mots naïfs acontextuels, faisant donc référence à des concepts très généraux sur la géothermie avec un langage de tous les jours. En post-test, 45% des mots sont considérés comme des mots experts acontextuels. De manière plus générale, une nette augmentation des mots experts est constatée entre le pré-test et le post-test (34% en pré-test contre 60% en post-test). En revanche, 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 (cf. Figure 6).

Au Québec, 74% des mots cités en pré-test font référence à un langage courant dépendant du contexte géothermique du Québec. 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 (cf. Figure 7).



**Figure 7 : Tris à plat de la question 1 du pré-test post-test, Montréal**

Une ACM a également été réalisée sur la question 1. 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 ou de regrouper les variables permettant de faire ressortir des profils de réponse. La figure 8 illustre l'ACM obtenue.



**Figure 8 : ACM réalisée sur la question 1 des pré-tests et post-tests**

La répartition des variables (échantillons et catégories de mots) 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. Cet échantillon en post-test (échantillon 3) se rapproche d'une zone comprenant les catégories de mot 3 et 4 (contextuels et acontextuels experts). L'échantillon 2 (Montréal pré-test), quant à lui, se trouve proche de la catégorie des mots acontextuels naïfs. L'échantillon 4 (Montréal, post-test) se trouve dans la zone des mots experts. Les étudiants de Montréal et de Guadeloupe, selon cette question, passent donc de conceptions plutôt naïves, à des conceptions plus expertes. En revanche, l'analyse ne permet pas de décrire l'évolution de la dimension contextuelle des conceptions des apprenants.

De manière plus générale, et sur l'ensemble du questionnaire, les étudiants de Guadeloupe et de Montréal, fournissent, en post-test, des réponses plus expertes, ils utilisent un registre plus technique et plus scientifique, et apportent plus de détails pour l'explication des concepts. Ils utilisent également un registre plus soutenu. Il a été également remarqué que de manière globale, pour les deux territoires, les réponses fournies en post-test sont souvent très contextuelles, parfois même plus qu'en pré-test. Il semble que les étudiants ont plus de facilité à exprimer leurs pensées en décrivant, ou en faisant référence à leur géothermie locale, probablement parce qu'ils la connaissent mieux. Certains individus montrent néanmoins des conceptions multi-contextuelles en post-test (par exemple, pour une des questions portant sur un dessin, un étudiant a illustré la géothermie de haute énergie et celle de basse énergie).

### 5.3.2. Effets de contextes dans les vidéos

Sur les 6 vidéos récoltées lors de l'expérimentation pédagogique, seule une sera détaillée ici. Il s'agit de la vidéo de l'équipe C travaillant sur l'impact environnemental d'une exploitation géothermique. La vidéo, d'une durée de 11:54 minutes, a été séparée en 13 séquences (cf. Tableau 4).

| 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, 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 exemples de Guadeloupe                                  |
| C – S9 : 7:54 à 9:20    | Échanges sur la température des sous-sols                                                                                                   |
| C – S10 : 9:20 à 9:36   | Questionnement sur l'industrie minière en Guadeloupe                                                                                        |
| C – S11 : 9:36 à 9:57   | Le travail que réaliseront les étudiantes de Guadeloupe                                                                                     |
| C – S12 : 9:57 à 11:33  | Impact d'un rejet d'eau chaude                                                                                                              |
| C – S13 : 11:33 à 11:54 | Échanges de traces et fin de l'échange                                                                                                      |

**Tableau 4 : Séquençage de la vidéo de l'interaction de l'équipe C**

L'analyse verbale et para-verbale de chaque séquence a permis de mettre en évidence des moments d'effet de contextes, présentés dans le tableau 5.

| Séq. | Effet                                                                                                   | Interaction                                                                                                                             | Affect                                          | Contextes                       |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|
| S4   | « par contre nous notre problématique c'est que nous en Guadeloupe on n'a pas de lac » (GC2)            | Québec : explication du travail<br>Guadeloupe : contrainte                                                                              | « hunhun » (MC1)<br>Intérêt<br>Surprise         | hydrologiques                   |
| S4   | « on a des rejets d'eau chaude dans la mer, par rapport aux distilleries pour fabriquer le rhum » (GC1) | Guadeloupe : explication du contexte<br>Québec : compréhension de la différence et reformulation                                        | Questionnement intérêt<br>Changement de posture | Industriels<br>Environnementaux |
| S9   | « comptez qu'on a de l'eau à peu près à 4°C toujours » (MC2)                                            | Guadeloupe : Question sur la température de l'eau exploitée<br>Québec : réponse<br>Guadeloupe : compréhension de l'écart de température | Hilarité partagée<br>Diffusion d'une émotion    | hydrologiques                   |

**Tableau 5 : Effets de contextes détectés dans l'interaction des équipes C**

L'analyse détaillée de chacune des vidéos a permis d'établir une liste des contextes en jeu lors de l'observation des effets de contextes. Ces contextes sont les suivants : contextes hydrologiques, industriels, environnementaux, climatiques, géothermiques et géologiques. L'analyse des vidéos a également permis d'identifier des effets de contextes relatifs aux contextes épistémologiques, pédagogiques, organisationnels et didactiques des étudiants.

Enfin, une liste des caractéristiques permettant de définir l'effet de contexte a pu être établie. Les caractéristiques d'un effet de contextes se décrivent en trois phases temporelles : l'avant (genèse de l'effet), le pendant (émergence de l'effet), et l'après (résolution de l'effet).

Avant l'effet de contexte :

- Explication des contextes externes / internes ;
- Situation : cadre de l'échange, acteurs présents, objectifs de l'interaction.

Emergence (pendant l'effet de contexte) :

- Élément déclencheur (verbatim) ;
- Type de contextes en jeu ;
- Nature de l'événement :
  - verbal ;
  - para-verbal ;
  - physique.
- Description de l'effet de contexte dans l'interaction :
  - niveau d'explicitation ;
  - position dans l'interaction ou dans la séquence ;
  - importance (manière dont il est géré dans l'interaction) ;
  - nombre d'acteurs impliqués dans l'effet.
- Description de l'effet de contexte :
  - présence d'un affect ;
  - intensité de l'affect ;

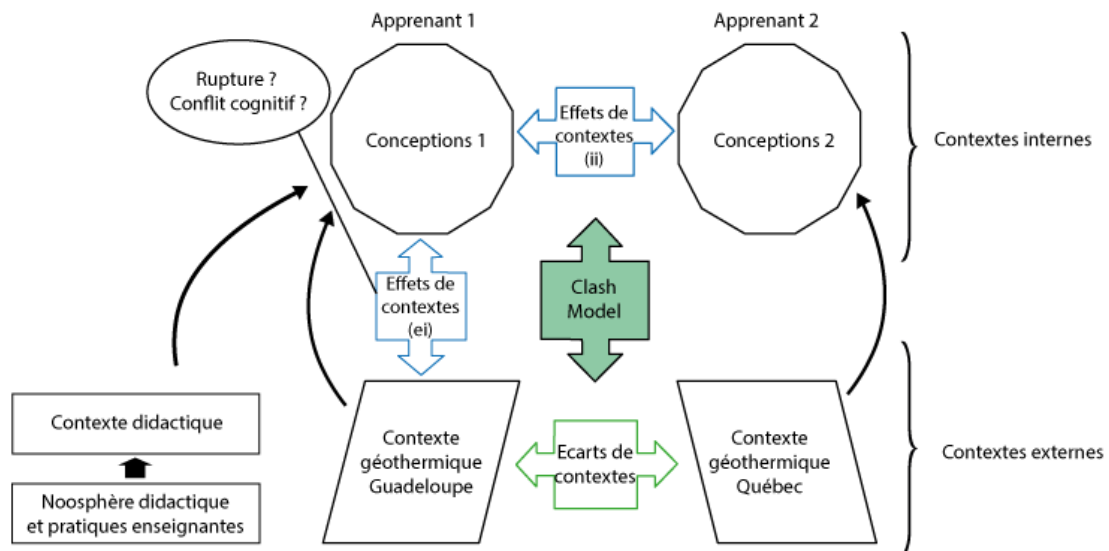
- valence de l'affect ;
- durée de l'affect ;
- nombre d'acteurs impactés par l'affect.

Après l'effet de contexte :

- Gestion : manière de gérer ou de résoudre l'effet dans la suite des interactions.

## 6. Discussion et conclusions

Les contextes impliqués dans les effets de contextes observés recoupent partiellement ceux modélisés avec le Mazcalc (contextes hydrologiques, géologiques, climatiques, environnementaux, industriels). Cependant, des contextes de toute autre nature ont également généré 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, etc.). Les approches pédagogiques anglo-saxonnes et européennes pour l'enseignement des concepts scientifiques sont très différentes. La démarche d'investigation fait généralement de la problématisation l'objet central en France, alors que les Américains placent plutôt l'expérimentation au centre de la démarche. Par ailleurs, le scénario pédagogique, présenté par l'enseignant propre à son groupe, n'a pas été amené de la même manière entre les deux groupes. Ces deux points sont certainement responsables des effets contextes constatés, de nature différente de ceux en lien avec le sujet de la géothermie. Ces résultats confirment partiellement les théories du modèle clash présentées dans la partie théorique. Cependant le modèle illustré (cf. Figure 2) ne présente pas les effets de contextes liés aux autres contextes comme par exemple le contexte didactique. De plus, des moments de conflit peuvent apparaître lors de l'investigation menée par l'apprenant sur le terrain, s'agit-il d'effets contextes internes/externes ? La figure ci-dessous (cf. Figure 9) tente d'illustrer ces phénomènes et questions.



**Figure 9 : Schématisation des interactions entre les contextes d'après Forissier et al. (2014)**

Les effets de contextes détectés dans les vidéos se manifestent sous la forme d'affects, ou de changements d'état émotionnel. La diversité des effets de contextes observés grâce aux enregistrements vidéo a permis d'établir une liste générique permettant leur description. Ils pourront, dans de futures expérimentations, être décrits de manière très précise selon cette liste. En revanche, il n'a pas été possible d'observer les effets de contextes (ECei) 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 sur ces moments.

Les effets de contextes sont des moments de rupture dans les apprentissages qui peuvent être utilisés dans des approches métacognitives. L'analyse des questionnaires pré-test et post-test, a permis de suivre l'évolution des conceptions déclarées par les apprenants selon deux dimensions : la contextualité et l'expertise. Il est notable que ces conceptions deviennent plus expertes après l'expérimentation.

Enfin cette expérimentation, ainsi que le prototype du modélisateur de contexte réalisé, fournissent une base pouvant servir pour de futures expérimentations, dans le cadre d'un projet de *design based research*. Ces expérimentations grâce aux résultats apportés pourront être améliorées. En revanche, l'hypothèse initiale a été vérifiée mais s'est révélée incomplète, les effets de contextes (ECii) portant sur le sujet de la géothermie ont été identifiés mais d'autres ECii imprévus sont apparus. Ainsi la question suivante se pose : comment modéliser, prévoir et produire l'émergence des effets de contextes relatifs aux contextes didactiques différents des apprenants ?

### Références bibliographiques

- 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.
- Aronson, E. (1978). The jigsaw classroom. Repéré à <https://www.jigsaw.org>.
- Bazire, M. et Brézillon, P. (2005). Understanding Context Before Using It. Dans A. Dey, B. Kokinov, D. Leake et 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.
- Bennett, J., Lubben, F. et Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science education*, 91(3), 347-370.
- 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.
- Brousseau, G. (1980). L'échec et le contrat. *Recherches*, 41, 177-182.
- 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. Ferrière et B. Jeannot-Fourcaud (dir.), *Apprentissages, éducation, socialisation et contextualisation didactique : Approches plurielles* (p. 135-160). Paris : L'Harmattan.

- De Vecchi, G. (1990). La construction du savoir scientifique passe par une suite de ruptures et de remodelages. *Recherche et formation*, 7(1), 35-46.
- Delcroix, A., Forissier, T. et Anciaux, F. (2013). Vers un cadre d'analyse opérationnel des phénomènes de contextualisation didactique. Dans F. Anciaux, T. Forissier et L. F. Prudent (dir.), *Contextualisation didactiques : Approches théoriques* (p. 141-188). Paris : L'Harmattan.
- Duru-Bellat, M. et Mingat, A. (1988). Le déroulement de la scolarité au collège: le contexte "fait des différences". *Revue française de sociologie*, 29, 649-666.
- Fécil, S. (2014). *Construire un enseignement en tenant compte des effets de contexte*. Document inédit.
- Forissier, T. (2015). Conceptions d'étudiants scientifiques de Guadeloupe sur l'Observation de l'Orient de la lune et des saisons climatiques. Dans A. Delcroix, J.-Y. Cariou, H. Ferrière et B. Jeannot-Fourcaud (dir.), *Apprentissages, éducation, socialisation et contextualisation didactique: approches plurielles* (p. 163-187). Paris : L'Harmattan.
- Forissier, T., Bourdeau, J., Mazabraud, Y. et Nkambou, R. (2014). Computing the context effect for science learning. Dans P. Brézillon et A. J. Gonzalez (dir.), *Context in Computing* (p. 255-269). New York : Springer.
- Giordan, A. et de Vecchi, G. (1990). *Les Origines du savoir : des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel : Delachaux et Niestlé.
- 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.
- Merlo-Leurette, S. et Forissier, T. (2009). La contextualisation dans l'enseignement des sciences et techniques en Guadeloupe. *Grand N*, 83, 19-27.
- Orange, C., Beorchia, F., Ducrocq, P. et Orange, D. (1999). "Réel de terrain", "réel de laboratoire" et construction de problèmes en sciences de la vie et de la terre. *Aster*, 28, 107-129.
- Sanchez, E., Prieur, M. et Devallois, D. (2004). L'enseignement de la géologie en classe de seconde: quels obstacles, quelles pratiques. *Actes XXVèmes JIES. Chamonix*.
- Sauvage Luntadi, L. et Tupin, F. (2012). La compétence de contextualisation au cœur de la situation d'enseignement-apprentissage. *Phronesis*, 1(1), 102-117.
- 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.
- Van Wissen, A., Kamphorst, B. et Van Eijk, R. (2013). A Constraint-Based Approach to Context. Dans P. Brézillon, P. Blackburn et R. Dapoigny (dir.), *Modeling and Using Context* (Vol. 8175, p. 171-184). Berlin, Heidelberg : Springer.

