
L'IMPACT DES DÉMARCHES
D'EXPÉRIMENTATION SUR LES
CONCEPTIONS INITIALES DES ÉLÈVES

ÉTABLIR UNE DÉMARCHE D'EXPÉRIMENTATION
PRENANT EN COMPTE LES CONCEPTIONS INITIALES
DES ÉLÈVES SUR LA MASSE VOLUMIQUE AU CYCLE 3

FORMATION SECONDAIRE – FILIÈRE A

MÉMOIRE DE MASTER DE EMMANUELLE NICOLET-DIT-FÉLIX

SOUS LA DIRECTION DE GILLES BLANDENIER

BIENNE, LE 15 MAI 2020

REMERCIEMENTS

Avant tout, je tiens à remercier chaleureusement mon directeur de mémoire, Gilles Blandenier pour sa disponibilité, ses nombreuses recommandations et ses relectures attentives.

Je remercie également mon Formateur en Établissement qui m'a soutenue et m'a permis de mener la séquence telle que je le souhaitais.

Un grand merci à ma sœur et à ma maman pour leurs relectures et leurs conseils, elles ont été présentes jusqu'au rendu de mon travail.

Enfin, je remercie mes amis qui m'ont encouragée et supportée pendant ce mémoire, sans eux, je n'y serais certainement pas arrivée. Merci à mon frère et mon père pour les nombreux débats partagés sur le concept de masse volumique, de pression ou tout autre sujet ayant trait à la physique.

AVANT-PROPOS

RÉSUMÉ

Dans ce travail, j'aborderai les conceptions de mes élèves au travers de la démarche d'expérimentation (DE) en sciences de la nature. La persistance de celles-ci est un problème bien connu en didactique des sciences. Malgré les cours que l'élève suit, généralement, ses conceptions ne varient que très peu. Il semble nécessaire de les faire émerger et de les travailler pour qu'il y ait progrès. L'expérience est souvent utilisée comme alibi pour construire le savoir. La DE permet quant à elle de construire un dispositif expérimental plus proche des milieux scientifiques. Mon objectif est d'observer l'influence de la DE sur l'évolution des conceptions des élèves comparativement à un enseignement plus classique.

Avec la séquence dispensée, les conceptions traitées en DE ou en exposés ont fortement évolué. De plus, je peux supposer que lors d'une deuxième séquence enseignée aux mêmes élèves, l'impact sur les conceptions serait plus important, car ayant de l'expérience, les élèves traiteraient davantage de conceptions dans un temps identique. La DE semble avoir un grand impact sur les élèves partant avec un faible ou un fort niveau de connaissances initiales. De surcroît, elle contribue au développement des Capacités transversales et à la Formation Générale.

MOTS CLÉS

Conceptions initiales

Démarche d'expérimentation

Sciences de la nature

Cycle 3

Capacités transversales

LISTE DES ABRÉVIATIONS

| | |
|------|----------------------------|
| DE : | Démarche d'expérimentation |
| DI : | Démarche d'investigation |
| GE : | Groupe expérimental |
| GT : | Groupe témoin |
| Q1 : | Prétest |
| Q2 : | Deuxième questionnaire |
| Q3 : | Troisième questionnaire |
| EJ : | Échelle de justesse |
| EP : | Échelle de progression |

LISTE DES FIGURES

| | |
|--|-------|
| Figure 1 : Graphique représentant la définition de la matière du Q3 pour le GT..... | 25 |
| Figure 2 : Graphique représentant la définition de la matière du Q3 pour le GE..... | 26 |
| Figure 3 : Graphique représentant l'évolution de la justesse des questionnaires..... | 31 |
| Figure 4 : Graphique représentant la comparaison entre le Q1 et le Q2..... | 32 |
| Figure 5 : Graphique représentant la comparaison entre le Q1 et le Q3..... | 33 |
| Figure 6 : Graphique représentant la comparaison entre le Q2 et le Q3..... | 33 |
| Figure 7 : Graphique représentant la moyenne des questionnaires dont le Q1 se situe entre 20 et 40%..... | 34 |
| Figure 8 : Graphique représentant la moyenne des questionnaires dont le Q1 se situe entre 40 et 60%..... | 35 |
| Figure 9 : Graphique représentant la moyenne des questionnaires dont le Q1 se situe entre 60 et 80%..... | 35 |
| Figure 10 : Graphique représentant l'évolution des compétences en fonction du travail effectué dessus (GE).... | 37 |
| Figure 11 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour la définition de la matière..... | 38 |
| Figure 12 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour la définition du volume..... | 39 |
| Figure 13 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour "Le litre, une unité de masse ou de volume ?"..... | 40 |
| Figure 14 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour "Confusion entre la forme et le volume"..... | 41 |
| Figure 15 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour le volume par immersion..... | 42 |
| Figure 16 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour "l'huile est-elle plus légère que l'eau ?"..... | 43 |
| Figure 17 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour l'expérience avec les deux bouteilles..... | 44 |
| Figure 18 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour la variation de la masse..... | 45 |
| Figure 19 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour la variation du volume..... | 46 |
| Figure 20 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour la variation du volume, selon l'argumentation par la masse volumique de l'eau..... | 46 |
| Figure 21 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour la pierre ponce..... | 47 |
| Figure 22 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour la pierre ponce – avec la même échelle d'évaluation que pour "huile est-elle plus légère que l'eau ?"..... | 48 |
| Figure 23 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour la définition de la matière..... | XVI |
| Figure 24 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q2 pour la définition de la matière..... | XVI |
| Figure 25 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q3 pour la définition de la matière..... | XVII |
| Figure 26 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q1 pour la définition de la matière..... | XVII |
| Figure 27 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour la définition de la matière..... | XVIII |
| Figure 28 : Graphique représentant les réponses par le GE au Q3 pour la définition de la matière..... | XVIII |
| Figure 29 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour la définition de la masse..... | XIX |

| | |
|--|--------|
| Figure 30 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q2 pour la définition de la masse | XIX |
| Figure 31 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q3 pour la définition de la masse | XX |
| Figure 32 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q1 pour la définition de la masse | XX |
| Figure 33 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour la définition de la masse | XXI |
| Figure 34 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour la définition de la masse | XXI |
| Figure 35 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour la définition du volume | XXII |
| Figure 36 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q2 pour la définition du volume | XXII |
| Figure 37 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q3 pour la définition du volume | XXIII |
| Figure 38 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour la définition du volume | XXIII |
| Figure 39 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour la définition du volume | XXIV |
| Figure 40 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q3 pour la définition du volume | XXIV |
| Figure 41 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour "Le litre, une unité de masse ou de volume ?" | XXV |
| Figure 42 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q2 pour "Le litre, une unité de masse ou de volume ?" | XXV |
| Figure 43 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q3 pour "Le litre, une unité de masse ou de volume ?" | XXVI |
| Figure 44 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q1 pour "Le litre, une unité de masse ou de volume ?" | XXVI |
| Figure 45 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour "Le litre, une unité de masse ou de volume ?" | XXVII |
| Figure 46 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q3 pour "Le litre, une unité de masse ou de volume ?" | XXVII |
| Figure 47 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour "L'air est de la matière" | XXVIII |
| Figure 48 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q2 pour "L'air est de la matière" | XXVIII |
| Figure 49 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q3 pour "L'air est de la matière" | XXIX |
| Figure 50 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q1 pour "L'air est de la matière" | XXIX |
| Figure 51 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour "L'air est de la matière" | XXX |
| Figure 52 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q3 pour "L'air est de la matière" | XXX |
| Figure 53 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour "confusion entre la forme et le volume" | XXXI |
| Figure 54 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q2 pour "confusion entre la forme et le volume" | XXXI |
| Figure 55 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q3 pour "confusion entre la forme et le volume" | XXXII |
| Figure 56 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q1 pour "confusion entre la forme et le volume" | XXXII |
| Figure 57 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour "confusion entre la forme et le volume" | XXXIII |
| Figure 58 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q3 pour "confusion entre la forme et le volume" | XXXIII |

| | |
|---|---------|
| Figure 59 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour le volume par immersion ... | XXXIV |
| Figure 60 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q2 pour le volume par immersion ... | XXXIV |
| Figure 61 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q3 pour le volume par immersion | XXXV |
| Figure 62 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q1 pour le volume par immersion | XXXV |
| Figure 63 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour le volume par immersion ... | XXXVI |
| Figure 64 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q3 pour le volume par immersion ... | XXXVI |
| Figure 65 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour "L'huile est-elle plus légère que l'eau ?" | XXXVII |
| Figure 66 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q2 pour "L'huile est-elle plus légère que l'eau ?" | XXXVII |
| Figure 67 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q3 pour "L'huile est-elle plus légère que l'eau ?" | XXXVIII |
| Figure 68 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour "L'huile est-elle plus légère que l'eau ?" | XXXVIII |
| Figure 69 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour "L'huile est-elle plus légère que l'eau ?" | XXXIX |
| Figure 70 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q3 pour "L'huile est-elle plus légère que l'eau ?" | XXXIX |
| Figure 71 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour l'expérience avec les deux bouteilles..... | XL |
| Figure 72 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q2 pour l'expérience avec les deux bouteilles..... | XL |
| Figure 73 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q3 pour l'expérience avec les deux bouteilles..... | XLI |
| Figure 74 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q1 pour l'expérience avec les deux bouteilles..... | XLI |
| Figure 75 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour l'expérience avec les deux bouteilles..... | XLII |
| Figure 76 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q3 pour l'expérience avec les deux bouteilles..... | XLII |
| Figure 77 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour la variation de la masse | XLIII |
| Figure 78 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q2 pour la variation de la masse | XLIII |
| Figure 79 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q3 pour la variation de la masse | XLIV |
| Figure 80 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q1 pour la variation de la masse | XLIV |
| Figure 81 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour la variation de la masse | XLV |
| Figure 82 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q3 pour la variation de la masse | XLV |
| Figure 83 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour la variation du volume | XLVI |
| Figure 84 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q2 pour la variation du volume | XLVI |
| Figure 85 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q3 pour la variation du volume | XLVII |
| Figure 86 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q1 pour la variation du volume | XLVII |
| Figure 87 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour la variation du volume | XLVIII |

| | |
|---|--------|
| Figure 88 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q3 pour la variation du volume | XLVIII |
| Figure 89 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q1 pour la pierre ponce | XLIX |
| Figure 90 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q2 pour la pierre ponce | XLIX |
| Figure 91 : Graphique représentant les réponses données par le GT au Q3 pour la pierre ponce | L |
| Figure 92 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q1 pour la pierre ponce | L |
| Figure 93 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q2 pour la pierre ponce | LI |
| Figure 94 : Graphique représentant les réponses données par le GE au Q3 pour la pierre ponce | LI |
| Figure 95 : Graphique représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour la définition de la masse | LII |
| Figure 96 : GRAPHIQUE représentant l'évolution des questionnaires du GT et du GE pour "l'air est de la matière" | LII |

LISTE DES TABLEAUX

| | |
|---|------|
| Tableau 1 Schéma représentant la structure de la Démarche quasi-expérimentale | 21 |
| Tableau 2 : Évolution de la justesse des questionnaires | XIII |
| Tableau 3 : Progression selon l'EP entre Q1 et Q2 | XIII |
| Tableau 4 : Progression selon l'EP entre Q1 et Q3 | XIII |
| Tableau 5 : Progression selon l'EP entre Q2 et Q3 | XIV |
| Tableau 6 : Moyenne des questionnaires dont le Q1 se situe entre 20 et 40% | XIV |
| Tableau 7 : Moyenne des questionnaires dont le Q1 se situe entre 40 et 60% | XIV |
| Tableau 8 : Moyenne des questionnaires dont le Q1 se situe entre 60 et 80% | XIV |
| Tableau 9 : Évolution dans le GE selon les compétences travaillées | XV |

LISTE DES ANNEXES

| | |
|--|------|
| Annexe 1 : Questionnaire | I |
| Annexe 2 : Aide à la formulation d'une expérience | V |
| Annexe 3 : Consignes pour le carnet de bord | VII |
| Annexe 4 : l'évaluation par compétences | VIII |
| Annexe 5 : Évaluation sur la démarche scientifique | IX |
| Annexe 6 : Chiffres pour l'évolution de la justesse des questionnaires | XIII |
| Annexe 7 : Chiffres pour l'évolution selon l'échelle de progression des questionnaires | XIII |
| Annexe 8 : Chiffres pour l'évolution selon le taux de réussite du Q1 pour l'EJ | XIV |
| Annexe 9 : Recension des réponses données par le GT et le GE aux trois questionnaires | XVI |
| Annexe 10 : Graphiques de l'évolution des questionnaires du GT et GE pour la définition de la masse et « l'air est de la matière » | LII |

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|-----------|
| REMERCIEMENTS | II |
| AVANT-PROPOS | IV |
| RÉSUMÉ | IV |
| MOTS CLÉS | IV |
| LISTE DES ABRÉVIATIONS | IV |
| LISTE DES FIGURES | VI |
| LISTE DES TABLEAUX | IX |
| LISTE DES ANNEXES | IX |
| INTRODUCTION | 1 |
| 1 PROBLÉMATIQUE | 5 |
| 1.1 LES CONCEPTIONS | 5 |
| 1.2 LES DÉMARCHES SCIENTIFIQUE ET EXPÉRIMENTALE | 8 |
| 1.3 LES DÉMARCHES D'INVESTIGATION | 10 |
| 1.4 LA DÉMARCHE D'EXPÉRIMENTATION SELON DE VECCHI (2006) | 13 |
| 1.5 LES QUESTIONS DE RECHERCHES ET LES HYPOTHÈSES | 15 |
| 2 MÉTHODOLOGIE | 18 |
| 2.1 FONDEMENT MÉTHODOLOGIQUE | 18 |
| 2.1.1 <i>La démarche quasi-expérimentale</i> | 18 |
| 2.2 LA NATURE DES DONNÉES ET LES PROCÉDURES DE RECUEIL DE CES DONNÉES | 20 |
| 2.2.1 <i>Contexte et nature du corpus</i> | 20 |
| 2.2.2 <i>Méthode de récolte des données</i> | 20 |
| 2.2.3 <i>Séquence enseignée au groupe expérimental</i> | 21 |
| 2.2.4 <i>Séquence enseignée au groupe témoin</i> : | 24 |
| 2.3 LES MÉTHODES D'ANALYSE DES DONNÉES : | 25 |
| 2.3.1 <i>L'échelle de justesse (EJ)</i> | 25 |
| 2.3.2 <i>L'échelle de progression (EP)</i> | 27 |
| 2.3.3 <i>L'analyse globale des questionnaires</i> | 28 |
| 2.3.4 <i>L'analyse selon l'échelle de justesse au Q1</i> | 28 |
| 2.3.5 <i>L'analyse dans le GE selon les compétences travaillées</i> | 28 |
| 2.3.6 <i>Analyse plus locale</i> | 28 |
| 3 | 29 |
| 4 ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS | 30 |
| 4.1 APPLICATION DES ÉCHELLES DE NOTATION | 30 |
| 4.1.1 <i>Échelle de justesse (EJ)</i> | 30 |
| 4.1.2 <i>Échelle de progression (EP)</i> | 30 |
| 4.2 ANALYSE GLOBALE DES QUESTIONNAIRES | 30 |
| 4.2.1 <i>Évolution selon l'échelle de justesse</i> | 31 |
| 4.2.2 <i>Évolution selon l'échelle de progression</i> | 32 |
| 4.2.3 <i>Évolution selon le taux de réussite du Q1 pour l'EJ</i> | 34 |
| 4.2.4 <i>Évolution dans le groupe expérimental selon les conceptions travaillées</i> | 36 |
| 4.3 ANALYSE LOCALE DES EXPOSÉS | 37 |
| 4.3.1 <i>Définition de la matière</i> | 38 |
| 4.3.2 <i>Définition du volume</i> | 39 |
| 4.3.3 <i>Le litre, une unité de masse ou de volume ?</i> | 39 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 4.3.4 | <i>Confusion entre la forme et le volume</i> | 40 |
| 4.3.5 | <i>Le volume par immersion</i> | 41 |
| 4.3.6 | <i>L'huile est-elle plus légère que l'eau ?</i> | 42 |
| 4.3.7 | <i>L'expérience des deux bouteilles</i> | 43 |
| 4.3.8 | <i>Variation de la masse</i> | 44 |
| 4.3.9 | <i>Variation du volume</i> | 45 |
| 4.3.10 | <i>La pierre ponce</i> | 47 |
| 4.3.11 | <i>Définition de la masse et situation « l'air est de la matière »</i> | 48 |
| 4.4 | DIVERS | 49 |
| 4.5 | RETOUR SUR LES HYPOTHÈSES | 49 |
| CONCLUSION | | 52 |
| BIBLIOGRAPHIE | | 56 |
| ANNEXES | | I |
| ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE | | I |
| ANNEXE 2 : AIDE À LA FORMULATION D'UNE EXPÉRIENCE | | V |
| ANNEXE 3 : CONSIGNES POUR LE CARNET DE BORD | | VII |
| ANNEXE 4 : L'ÉVALUATION PAR COMPÉTENCES | | VIII |
| ANNEXE 5 : ÉVALUATION SUR LA DÉMARCHE SCIENTIFIQUE | | IX |
| ANNEXE 6 : CHIFFRES POUR L'ÉVOLUTION DE LA JUSTESSE DES QUESTIONNAIRES..... | | XIII |
| ANNEXE 7 : CHIFFRES POUR L'ÉVOLUTION SELON L'ÉCHELLE DE PROGRESSION DES QUESTIONNAIRES..... | | XIII |
| ANNEXE 8 : CHIFFRES POUR L'ÉVOLUTION SELON LE TAUX DE RÉUSSITE DU Q1 POUR L'EJ | | XIV |
| ANNEXE 9 : CHIFFRES POUR L'ÉVOLUTION DANS LE GÉ SELON LES COMPÉTENCES TRAVAILLÉES | | XV |
| ANNEXE 9 : RECENSION DES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT ET LE GE AUX TROIS QUESTIONNAIRES..... | | XVI |
| <i>Définition de la matière</i> | | XVI |
| <i>Définition de la masse</i> | | XIX |
| <i>Définition du volume</i> | | XXII |
| <i>Le litre, une unité de masse ou de volume ?</i> | | XXV |
| <i>L'air est de la matière</i> | | XXVIII |
| <i>Confusion entre la forme et le volume</i> | | XXXI |
| <i>Le volume par immersion</i> | | XXXIV |
| <i>L'huile est-elle plus légère que l'eau ?</i> | | XXXVII |
| <i>L'expérience des deux bouteilles</i> | | XL |
| <i>Variation de la masse</i> | | XLIII |
| <i>Variation du volume</i> | | XLVI |
| <i>La pierre ponce</i> | | XLIX |
| ANNEXE 10 : GRAPHIQUES DE L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET GE POUR LA DÉFINITION DE LA MASSE ET « L'AIR EST DE LA MATIÈRE » | | LII |

INTRODUCTION

J'ai eu l'occasion d'enseigner une séquence sur la masse volumique à deux reprises. La première lors d'un remplacement, il s'agissait d'une de mes premières expériences dans le domaine. Je suis entrée dans la thématique de manière plutôt transmissive, en suivant les exercices. Je n'ai fait que peu de laboratoire. Donc, quand j'ai observé la résurgence de leurs conceptions et un retour en arrière par rapport à ce qu'ils avaient appris, cela ne m'a pas étonnée. Je pensais que c'était simplement dû à mon inexpérience et que la prochaine séquence enseignée se passerait mieux. Je ne savais même pas ce qu'était une conception justement, je n'étais pas consciente que cela posait problème aux enseignants de façon générale. L'année suivante, quand l'heure d'enseigner cette matière est venue, j'étais préparée, j'avais eu le temps d'y penser. Cette fois l'entrée en matière était expérimentale. J'ai mis les élèves dans plusieurs situations en variant les approches. Quand l'évaluation est arrivée, ce fut le même constat : plusieurs de leurs anciennes conceptions sont apparues, alors qu'au préalable, il semblait que la matière était comprise et acquise. J'étais surprise, car mon cours avait été de meilleure qualité que l'année précédente, j'espérais donc un meilleur apprentissage. Je ne m'attendais pas à une acquisition complète des notions, mais toutefois à une amélioration. J'ai observé cette réapparition des conceptions tout au long de mon enseignement.

En parallèle, dans certaines de mes lectures pour la HEP, j'ai lu que ce phénomène est classique dans l'enseignement, qu'il constitue un défi pour la majorité des enseignants. Certaines séquences complètes semblent avoir été enseignées dans le vide. C'est comme si, quelques mois ou années plus tard, l'élève a tout oublié de celles-ci. Je comprenais mieux pourquoi cela arrivait. Si cela m'a rassuré sur le fait que ce n'était pas dû en soi à mon enseignement et à mes capacités, cela m'a cependant découragée : à quoi bon enseigner si c'est pour que les élèves oublient aussitôt ? J'ai donc commencé à rechercher des informations sur le sujet. Je désirais connaître les conceptions de mes élèves et leur origine. J'ai vite réalisé que la question, notamment en didactique des sciences était bien connue, mais les solutions, elles, l'étaient moins.

Lors d'un cours de soutien donné à une élève de 11^{ème} HARMOS sur la force de gravité, je me suis surprise à douter de l'invariabilité de la masse. Je me suis imaginée avec ma balance sur la Lune et me suis dit : « ma masse changerait ». J'ai alors réalisé que des représentations faussées me venaient encore parfois à l'esprit, connaissant pourtant bien la théorie. Je me suis rendu compte qu'effectuer une expérience scientifique ne changeait pas forcément l'ensemble des conceptions, parfois cette nouvelle donnée ne fait que cohabiter avec l'ancienne. D'autant plus que de nombreuses « expériences personnelles » appuient certaines de nos conceptions. Par exemple, pour la situation de l'invariabilité de la masse, la confusion vient du fait que nos balances mesurent la force de gravité terrestre, puis la transforment en masse. Si j'allais sur la Lune avec celle-ci, elle afficherait effectivement une autre masse. Simplement parce qu'elle est calibrée pour mesurer la masse sur la Terre. À chaque fois que je me pèse ou que je pèse un objet, cette conception est renforcée. Si des conceptions reviennent à l'enseignant lui-même, cela n'a rien de surprenant de les voir chez les élèves. Par conséquent, comment les prendre en compte et permettre leur évolution ? Comment permettre un progrès stable sur le temps, alors que dans la vie quotidienne, nombreux sont les éléments encourageant ces fausses conceptions ?

Au fil de mes réflexions, une autre question a émergé : comment rendre le processus expérimental pertinent pour les élèves ? En effet, suivant le programme officiel, il m'était usuel de proposer des expériences à mes élèves en leur demandant d'établir des hypothèses sur l'issue de celles-ci. Comme l'expérience ainsi que la question de recherche étaient déjà proposées, nous étions dans un cursus fermé, dans une démarche guidée. Quand le moment d'énoncer une hypothèse venait, plusieurs élèves se désolidarisaient complètement du cours, ils restaient silencieux devant leur feuille blanche et attendaient simplement que je me décide à faire l'expérience. Ce n'était pas malintentionné de leur part, ils me respectaient et je n'avais pas de problème de discipline avec eux. Ils travaillaient correctement le reste du temps. J'avais des rapports de confiance et de franchise avec eux, j'ai rapidement compris de leurs retours qu'ils ne voyaient pas l'intérêt de poser une hypothèse, alors que je connaissais déjà la réponse. En toute logique, comme l'expérience allait être faite, à quoi bon poser une hypothèse au préalable et ainsi prendre le risque de se tromper ?

J'ai donc testé plusieurs formes d'expériences, notamment en leur proposant moi-même une hypothèse et en leur demandant de trouver eux-mêmes une expérience pour la vérifier. Le résultat ne s'est pas fait attendre, trois expériences différentes m'ont été proposées. Le bénéfice sur la motivation s'est lui-aussi fait sentir, ils étaient bien plus engagés. Nous avons alors discuté des éléments suscitant un intérêt de leur part. Deux points importants sont ressortis : pouvoir faire davantage de débats scientifiques en classe – et par là, répondre à leurs questions – et que l'approche classique des expériences ne les intéressait pas beaucoup. Une élève m'a dit qu'elle n'aimait pas les expériences, elle préférait les cours plus théoriques. Après un dialogue intéressant, elle a fini par dire que les expériences étaient trop dirigées pour elle, qu'elle souhaitait en faire, mais que celles-ci répondent à ses propres questions, plutôt qu'à d'autres qui lui étaient imposées. Néanmoins, comment permettre à mes élèves de répondre à leurs propres questions, tout en restant dans un cadre scientifique ? Ne risquent-ils pas de partir sur des sujets totalement hors du programme ? Est-ce seulement possible de le faire ?

Ce n'est que postérieurement que j'ai réalisé que ces questionnements pouvaient être joints. Les derniers pouvant être une réponse aux premiers.

J'ai également désiré savoir si ces intentions étaient conjugables avec les attentes du Plan d'Étude Romand. Dans celui-ci (CIIP, 2010), nous pouvons lire dans la Description des Capacités Transversales, sous la démarche réflexive : « renoncer aux idées préconçues ». Nous trouvons dans le Robert Collège la définition suivante pour préconçu : « Élaboré sans jugement critique ni expérience. ». Nous pourrions donc formuler ces idées préconçues ainsi : idées élaborées sans faire appel au jugement critique ou à l'expérience scientifique. Comme généralement les élèves n'ont pas conscience de leurs conceptions, celles-ci n'ont pas été éprouvées par ces deux filtres. Elles s'appuient effectivement sur leurs expériences personnelles, mais généralement un grand fossé se trouve entre celles-ci et les expériences scientifiques. Ainsi, nous pourrions dire que ces fameuses conceptions font parties de ces idées préconçues dont parle la CIIP. De toute évidence, si ces conceptions font obstacles à l'apprentissage, il paraît nécessaire de s'en occuper. Encore plus si parfois elles invalident complètement l'apprentissage de certaines séquences.

Dans les Mathématiques et Sciences de la Nature (MSN) 36, 37 et 38, il est fait mention de l'importance de la démarche scientifique. Elle est composée de plusieurs étapes :

Au cours, mais au plus tard à la fin du cycle, l'élève...

- face à une situation, énonce une hypothèse pertinente / des hypothèses pertinentes
- imagine une expérimentation qui ne fait varier qu'un facteur à la fois
- prépare et/ou réalise un protocole d'observations, de mesures et de calculs pour un problème à deux facteurs dépendants (mesure de température de l'eau en fonction du temps de chauffage, distance en fonction du temps,...)
- structure et présente les résultats, en utilisant les arrondis et unités adéquats, dans un tableau / une représentation graphique (diagramme cartésien, en colonne, circulaire) (Niv 2)
- discute, débat, de la validité des hypothèses émises (sur la base de modèles tels que le modèle moléculaire) en regard de résultats expérimentaux et de leur précision
- rend compte d'une tâche scientifique oralement ou par écrit, confronte son avis à celui de ses pairs ou de spécialistes (documentaires, articles,...), argumente son point de vue (CIIP, 2010)

Il serait pertinent de désirer lier le renoncement aux idées préconçues à l'utilisation de la démarche scientifique. La démarche réflexive intervient notamment lors de la validation ou non des hypothèses.

Dans les Commentaires généraux du domaine Mathématiques et Sciences de la nature (CIIP, 2010), nous pouvons lire l'importance de la contribution des sciences de la nature au développement des Compétences transversales (la Collaboration, la Communication, les Stratégies d'apprentissage, la Pensée créatrice, la Démarche réflexive), ainsi qu'à la Formation Générale et à la langue de scolarisation.

Je souhaite trouver un moyen d'utiliser l'expérience permettant une réelle démarche scientifique, tout en tentant de prendre en compte les conceptions de mes élèves. J'aimerais qu'au travers de mon enseignement, il puisse y avoir contribution au développement des Compétences transversales, ainsi qu'à tout ce qui vient d'être cité de la CIIP (2010). Nous verrons par la suite qu'il est possible d'unir le tout.

J'ai donc le désir de prolonger la méditation de ces questions, en continuant une recherche dans la littérature et en mettant en place un dispositif expérimental, j'espère ainsi joindre théorie et pratique. Je voudrais encourager mes élèves à la réflexion, en tenant compte de leurs questions et de leurs idées, tout en cherchant à bousculer leurs conceptions et à augmenter leur autonomie.

1 PROBLÉMATIQUE

Mon questionnement de départ vient d'une difficulté d'apprentissage rencontrée alors que j'enseignais les sciences de la nature les deux années précédentes. En effet, malgré l'apparente compréhension de mes élèves durant les cours, et alors qu'ils me semblaient réceptifs tout en ayant intégré les notions nouvelles que je leur avais apporté, quelle ne fut pas ma surprise de revoir apparaître – évaluation après évaluation – leurs idées de départ. C'est comme si le cours donné n'avait servi à rien et ce, malgré la tentative d'adapter l'enseignement de la seconde année à l'aide des constations de la première.

Une autre préoccupation survenue lors de ma pratique est de répondre aux questionnements des élèves et de ne pas uniquement leur apporter des questions qu'ils n'ont pas forcément envie de se poser. Je désire également leur laisser plus de liberté, plutôt que de rester dans une approche fortement guidée. Je souhaiterais de plus tenter un enseignement se rapprochant davantage d'une véritable démarche vécue dans le milieu scientifique.

Je me suis donc tournée vers la littérature pour approfondir ces sujets et chercher des solutions pour lier ces désirs, dans le but de les expérimenter en classe.

1.1 LES CONCEPTIONS

Gérard De Vecchi et André Giordan définissent une conception comme « un ensemble d'images, de modèles présents chez l'apprenant, avant même qu'une activité quelconque ne débute. » (1989, p.10). Ces conceptions sont construites par l'élève au travers de son rapport au monde extérieur ainsi qu'au travers du sens commun. Elles évoluent avec l'élève et sont présentes dans tous les domaines. Nous appellerons conceptions initiales les conceptions que l'élève a avant qu'on lui enseigne une nouvelle séquence. La didactique des sciences a mis en évidence des invariants concernant les conceptions initiales des élèves. Les conceptions sont parfois aussi appelées « représentations », mais comme ce mot prête souvent à confusion, Giordan et De Vecchi lui préfèrent le terme « conception » (1989, p.10).

« Une conception est donc un modèle explicatif organisé, simple, logique, utilisé le plus souvent par analogie. Les enfants en possèdent un certain nombre, et c'est avec eux qu'ils tentent d'interpréter le monde qui les entoure. » (De Vecchi & Giordan, 1989, p.54).

Elle peut appartenir à plusieurs modèles spécifiques, appartenant à la vie quotidienne comme au registre scientifique, cela peut engendrer des réponses incohérentes (Tiberghien, 2003, p.375).

Nous appelons conceptions initiales les conceptions qu'un élève a sur un sujet avant que celui-ci soit abordé en classe. Donc lorsqu'on parle d'une conception initiale qui demeure ou revient, cela signifie que ce que l'élève utilise comme modèle explicatif n'a pas changé malgré le cours qui a été donné. « Ces « représentations » ont une certaine stabilité, et l'apprentissage d'une connaissance, l'acquisition d'une démarche, en dépendent » (De Vecchi & Giordan, 1989, p.10).

« Une représentation peut donc être considérée comme une structure cohérente par rapport à une application plus ou moins restreinte » (De Vecchi & Giordan, 1989, p.158). La présence et la résistance des conceptions initiales se justifient donc par le fait qu'elles ont un pouvoir explicatif suffisamment fort pour l'apprenant (Astolfi, Peterfalvi, & Vérin, 2006, p.46) et aussi parce qu'il n'a pas forcément conscience de leur présence.

Certaines conceptions sont tenaces, car les explications données en classe ne paraissent pas aussi claires que les phénomènes observés (De Vecchi & Giordan, 1989, p.53). « Cette résistance est rationnelle puisqu'elle témoigne d'économies de pensée, de prégnances d'une « bonne forme » à laquelle revient constamment notre esprit » (Astolfi *et al*, 2006, p.50).

Une autre difficulté justifiant la présence de ces conceptions vient du fait que langage quotidien et langage scientifique utilisent les mêmes mots, mais avec des significations différentes. Cela crée des malentendus entre enseignant et élèves, le langage du premier pouvant évoquer des conceptions des deuxièmes. L'élève doit donc se familiariser à ce langage différent. (Tiberghien, 2003, p.361).

Ces conceptions sont également présentes chez des étudiants en études avancées, elles se montrent stables dans le temps (Tiberghien, 2003) et généralement l'enseignant perd les siennes en préparant ses leçons ! (De Vecchi & Giordan, 1989, p.31)

Tout cela constitue un défi pour beaucoup d'enseignants : comment enseigner de manière à ce que ces conceptions puissent évoluer ?

Astolfi (2017) propose différentes étapes fondamentales pour y répondre. En commençant par l'importance de les prendre en compte, car dans le cas contraire, c'est prendre le risque d'enseigner inutilement (De Vecchi & Giordan, 1989, p.22). Voici ce qui m'est arrivé les années précédentes, en réalisant que mes élèves revenaient quasiment systématiquement à leurs conceptions initiales.

Même si cela peut sembler être une perte de temps et bien que les conceptions soient similaires d'une classe à l'autre, il est important de les faire émerger, plutôt que de se contenter de les connaître via la littérature, surtout qu'elles « s'avèrent très résistantes aux efforts d'enseignement » (Astolfi, 2017, p.69) et ainsi éviter de prendre le risque de plaquer « sur les élèves des représentations qui ne sont pas vraiment les leurs » (Astolfi *et al*, 2006, p.15). « Plus on veut aller vite et plus on veut accumuler de connaissances, moins on est efficace en particulier pour les enfants en situation de relatif échec scolaire » (De Vecchi & Giordan, 1989, p.78).

Tenir compte des conceptions permet de s'adapter à la vision des élèves, leur prise en compte permet aussi de construire dessus et de connaître les concepts déjà intégrés (De Vecchi & Giordan, 1989).

Avant de faire émerger ces conceptions, il est toutefois important de déjà les avoir étudiées, il est aussi nécessaire d'avoir choisi quelles étaient celles que l'on désirait travailler, certaines étant plus difficiles à faire évoluer – les conceptions anthropomorphiques¹ par exemple – et ce n'est pas parce qu'une conception ressort qu'il faut nécessairement la travailler. Si maintenant certaines questions sont posées par les élèves et ne sont pas pertinentes pour le cours, l'enseignant peut simplement y répondre sommairement sans s'y attarder (De Vecchi & Giordan, 1989).

Les conceptions doivent être choisies aussi parce que cela risque de demander un trop grand travail de toutes les travailler. Nous préférons donc celles qui sont en lien direct avec la matière à travailler. Astolfi (2017, p.74) propose de :

- 1) Les entendre, les faire exprimer par les élèves.
- 2) Les comprendre, il y a une logique à repérer derrière chaque conception.
- 3) Les faire identifier, car les élèves sont généralement inconscients de la présence de leurs conceptions, il faut donc qu'ils puissent en devenir conscients.
- 4) Les faire comparer, car souvent les élèves ne réalisent pas que les autres ne pensent pas comme eux.
- 5) Les faire discuter, en vue de créer des débats d'idées et de possiblement arriver sur des conflits sociocognitifs.
- 6) Les suivre, car il faut du temps pour qu'une conception change. Dans les faits, une conception ne change pas, elle évolue (De Vecchi & Giordan, 1989, p. 87).

En quelque sorte, nous pouvons « faire avec pour aller contre » (De Vecchi & Giordan, 1989, p.81). C'est-à-dire tenir compte des conceptions des élèves et les laisser évoluer avec le cours jusqu'au moment où elles posent problème à l'élève. À partir de ce moment, nous pouvons l'amener « à les remplacer par une autre représentation plus opératoire » (De Vecchi & Giordan, 1989, p.88). « N'est-il pas préférable de conserver une représentation partiellement fautive qui permet de se rapprocher de la compréhension d'un phénomène, plutôt que de vouloir la détruire sans savoir par quoi la remplacer ? », « Dans cette optique, nous avons fréquemment observé qu'il n'était pas toujours pertinent d'exiger de la part des élèves un « produit fini », bien cerné (pour le maître !) ». D'autant plus qu'il n'existe pas vraiment de représentation vraie, le vrai est relatif en science. (De Vecchi & Giordan, 1989, p.159).

Il est nécessaire de « faire avec pour aller contre » aussi parce que Potvin, suite à différentes recherches en neurosciences, arrive à ceci : « La seule conclusion raisonnable à notre avis est que les conceptions initiales des apprenants n'ont pas disparu, malgré la capacité des apprenants à produire de bonnes réponses, et qu'elles persistent et coexistent avec les conceptions nouvelles. » (2018, p.322). Il propose également que les élèves puissent arriver à la bonne réponse en inhibant la conception erronée. Selon ses études et leur interprétation, il pourrait y avoir coexistence des conceptions, mais de manière générale, une seule serait exprimée sur la feuille comme réponse, celle qui aurait à ce moment-là gagné la course.

¹ Conceptions où l'on prête une intention de finalité à l'objet, par exemple « l'électron VEUT s'approcher du proton ».

Ainsi, l'intention est donc de permettre aux apprenants de se forger de nouvelles conceptions, tout en permettant aux conceptions initiales d'évoluer vers un mieux, plutôt que de se battre contre, afin de permettre leur inhibition. Comme les conceptions initiales sont approuvées et confirmées par le quotidien de l'élève depuis de nombreuses années, il s'agit d'un grand défi. Les conceptions auxquelles nous aimerions arriver partent avec un certain retard. Voici pourquoi travailler sur ces conceptions demande une durée sur le temps beaucoup plus longue que celle qui est attribuée à la séquence traitée dans ce mémoire. Il serait aussi plus efficace de les traiter de manière moins intensive, mais plus répartie sur le temps, nous sommes-là confronté à des limites.

Il n'est pas impossible que lors de cette évolution, il y ait des moments où les conceptions des élèves puissent paraître régresser, que certains obstacles surgissent à nouveau alors qu'on pensait les avoir surpassés, cependant ces régressions peuvent être positives (Astolfi *et al*, 2006). Il se peut aussi simplement que la bonne conception soit présente chez l'élève, mais que, dans les conditions qui étaient les siennes au moment de l'épreuve ou de l'exercice, la conception exprimée en représente une autre également présente chez celui-ci (Potvin, 2018).

D'une séquence à l'autre, les moyens de faire émerger les conceptions initiales et de les confronter peuvent différer un peu. De Vecchi et Giordan (1989, p.59) proposent notamment de les faire apparaître par des dessins, des questionnaires, des jeux de rôle... Dans tous les cas, il est nécessaire de faire un état des lieux au début d'une séquence. Il est difficile de les interpréter en situation, il est donc pertinent d'avoir des traces écrites, d'autant plus que l'enseignant est acteur et non spectateur (Astolfi *et al*, 2006).

Les méthodes pour ensuite les traiter et les confronter sont diverses, cependant « les techniques s'appuyant plutôt sur l'activité et le vécu des enfants » semblent être les plus efficaces, « et non les méthodes qui ont pour seul point de référence le discours du maître » (De Vecchi & Giordan, 1989, p.85).

1.2 LES DÉMARCHES SCIENTIFIQUE ET EXPÉRIMENTALE

L'apprentissage des sciences a plusieurs dimensions. Il nécessite de s'approprier le contenu des sciences (les faits, idées, concepts, lois et théories acceptées), la manière dont les connaissances scientifiques se constituent (les méthodes et procédures en jeu dans l'activité de « faire la science »), et les interactions entre science et société. (Millar, 1996, p.11)

Généralement l'enseignement se centre particulièrement sur la première partie : s'approprier le contenu des sciences, bien que les trois aient leur importance. Mais, « penser qu'une « bonne explication, bien claire », sur laquelle on insiste particulièrement est suffisante pour transformer une conception, cela s'avère particulièrement utopique. » (De Vecchi & Giordan, 1989, p.86). À part s'il s'agit d'une connaissance qui ne fait pas obstacle avec une conception, cela risque de finir en échec. « Fournir directement la bonne réponse à un problème posé risque, lorsqu'il s'agit d'un élément qui vient en contradiction avec leurs représentations initiales, de voir cette réponse non-intégrée, voire même refusée par la plupart des élèves » (De Vecchi & Giordan, 1989, p. 148). Il faut donc trouver une autre manière de travailler sur les conceptions.

Quant à la manière dont les connaissances scientifiques se construisent,

les élèves et les enseignants sont en bout de chaîne, n'ayant à leur disposition qu'un savoir général, désincarné et coupé de sa base problématique. Toute l'activité du scientifique, toute la démarche y est gommée. Il ne reste que des résultats, des explications à des problèmes qu'ils ne se sont jamais posés. On n'apprend donc pas aux élèves à « faire de la science », à appréhender la « nature de la science ». On leur apprend, le plus souvent, les résultats de la science. (Coquidé, Fortin & Rumelhard, 2009, p.64)

Si nous nous contentons d'apprendre à nos élèves « les résultats de la science », nous revenons dans la première dimension de l'apprentissage des sciences. Il s'agit plutôt d'apprendre la démarche qui conduit à la construction du savoir. Pour cela, nous pouvons avoir recours à l'utilisation d'expériences.

Il y a plusieurs manières d'utiliser l'expérimentation en classe, comme l'inductivisme, où l'expérience précède la théorie et où « les théories scientifiques sont des généralisations univoques de données d'observation ou d'expérience elles-mêmes vierges de toute conception préalable » (Bächtold, 2012, p.7). Cependant, selon Bächtold (2012) cette façon de faire induit plusieurs objections, dont le fait que, dans les milieux scientifiques, « la théorie précède en général l'expérience », et que « les données de l'observation et de l'expérience ne sont jamais neutres » (p.7) car les théories qui découlent de ces expériences sont déjà connues par l'enseignant.

Les expériences sont alors souvent amenées de manière artificielle, « le plus souvent, ce sont des expériences alibis qui nous sont proposées, avec tous leurs implicites : pas de véritable problème, des hypothèses masquées, une démarche stéréotypée et faussée que seul celui qui connaît les résultats peut concevoir, des interprétations qui parfois dépassent ce que dit l'interprétation, une généralisation à partir de cas particuliers... » (De Vecchi, 2006, p.28). L'expérience devient une excuse pour amener le cours. Parfois on ne peut même pas parler de démarche scientifique en soi. « Quant à l'utilisation de protocoles, comportant parfois plusieurs pages, l'élève exécute une série de gestes qui n'ont aucun sens pour lui » (De Vecchi, 2006, p.9).

Que dire des expériences effectuées par l'enseignant, c'est-à-dire des montages de démonstration ? Si elles sont utiles pour montrer ou matérialiser un phénomène, elles ne permettent pas à l'élève d'entrer dans une démarche de recherche (De Vecchi, 2006, p.34).

Mais « apprendre la science est quelque chose que les élèves font, pas quelque chose qui leur est fait » (Bächtold, 2012) et « il n'y a expérience que s'il y a démarche dans la tête de celui qui la réalise ; dans le cas contraire, il s'agit de simples manipulations » (De Vecchi, 2006, p.38).

Lorsque la démarche scientifique est amenée ainsi aux élèves, elle peut n'entraîner que peu d'intérêt de leur part, car il est difficile d'être actif devant un problème qui nous est imposé, qui n'est pas le nôtre (De Vecchi & Giordan, 1989, p.137). C'est important de différencier une expérience d'une simple manipulation, « il y a un monde entre manipuler (avec ses mains) et expérimenter (avec sa tête) ! » (De Vecchi, 2006, p.33).

Qu'est-ce donc qu'une démarche expérimentale ? « Une démarche expérimentale n'est pas un suivi de mode d'emploi stéréotypé mais l'invention d'un chemin possible de l'hypothèse à sa mise à l'épreuve » (De Vecchi, 2006, p.49). « Une démarche expérimentale fait donc appel à un vécu vrai, qui s'appuie souvent sur une rupture, un défi à relever, des confrontations, tout cela lui donnant du sens. » (De Vecchi, 2006, p.51)

La démarche généralement utilisée dans l'enseignement est appelée OHERIC (Observation, Hypothèse, Expérience, Résultats, Interprétation et Conclusion) ou OPHERIC, avec Problème pour le « P ». De Vecchi (2006) la décrit comme ne prenant pas en compte les conceptions des élèves, soit « théorique, jamais vécue comme telle par les chercheurs », car « une démarche de recherche est rarement linéaire » (p.43). Astolfi *et al* (2006) disent que OHERIC n'a rien à voir avec l'activité réelle des chercheurs et qu'elle ne correspond pas à des procédures que les élèves sont en mesure de suivre (p.91)

Le problème est en effet que

Dans le domaine des sciences, les scientifiques construisent des savoirs non-déterminés à l'avance, ils peuvent suivre des chemins différents, leur travail est long et complexe, ils avancent par tâtonnements (émission de multiples hypothèses) et erreurs. En classe, les élèves reconstruisent des savoirs pré-déterminés à l'avance (par les programmes et l'enseignant), ils doivent suivre un chemin unique, dans une temporalité très courte, sans que soit possible un réel processus de tâtonnements et d'erreurs. (Bächtold, 2012, p.11)

Nous nous retrouvons donc face à cet obstacle : il y a de grandes différences entre les conditions dans le milieu scientifique et le milieu scolaire, ce qui amène des différences également dans les démarches qui peuvent être vécues. Comment faire donc pour éviter de tomber dans une démarche stéréotypée ? Et comment donner du sens à ces démarches pour les élèves ?

1.3 LES DÉMARCHES D'INVESTIGATION

Depuis quelques années, les groupes de travail se succèdent tant au niveau national qu'international, pour affirmer la nécessité d'un renouvellement de l'enseignement des sciences durant la scolarité obligatoire. Plusieurs rapports s'argumentent de l'exigence de repenser l'enseignement scientifique en s'appuyant sur l'investigation (Coquidé *et al*, 2009, p.51)

Ainsi plusieurs démarches d'investigation ont vu le jour, comme le projet « La main à la Pâte », développé en France et l'*Inquiry-Based Science Education* (IBSE), proposé dans plusieurs pays anglophones. L'ensemble de ces démarches ont en commun le but de « laisser plus d'autonomie aux élèves en proposant des tâches plus ouvertes et des activités de plus haut niveau cognitif ». « On passe ainsi d'activités centrées sur des apprentissages manipulatoires ou conceptuels, organisés en démarches stéréotypées, à des démarches ouvertes avec élaboration de questions, formulation d'hypothèses, etc. » (Boilevin, 2013, p.237).

Cinq moments clés constituent le cœur de cette DI [démarche d'investigation] :

- Le choix de la situation de départ (par le professeur) ;
- La formulation du questionnement des élèves ;
- L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation pour valider/invalidier ;
- L'investigation conduite par les élèves (expérimentation, recherche documentaire, etc.) ;
- L'acquisition et la structuration des connaissances (sous la conduite du professeur). (Coquidé *et al*, 2009, p.54)

Partir sur une DI pour travailler les conceptions initiales peut faire peur, notamment de « perdre le contrôle » de la classe (Coquidé *et al*, 2009, p.55).

Les DI permettent aux élèves de comprendre la différence entre faits et hypothèses et entre opinions et croyances (Coquidé *et al*, 2009, p.54). La DI « incite les élèves à être imaginatifs et ingénieux, pour concevoir et réaliser les dispositifs, patients car les résultats sont rarement immédiats » (Coquidé *et al*, 2009, p.62).

Cette méthode est pertinente parce qu'elle « est au centre de la méthode scientifique » (Boilevin, 2013, p.239) et elle est développée en premier lieu pour aider les élèves à saisir la « nature de la science ». Néanmoins, dans « la démarche d'investigation et avec un curriculum fermé, c'est le savoir à enseigner qui pilote, à l'opposé de ce qu'exigerait une authentique démarche investigatrice. » (Coquidé *et al*, 2009, p.64), il s'agit donc de rester vigilant dans la forme d'investigation choisie et de permettre aux élèves d'arriver sur des connaissances qui n'étaient pas forcément prévues par l'enseignant. Si la situation de départ est décidée par celui-ci, l'arrivée, quant à elle, n'est pas fixée d'avance.

Selon une étude de Blanchard *et al* (Boilevin, 2013, p.247), « les élèves participant à des activités d'investigation ont de meilleurs résultats que les autres, particulièrement dans les établissements accueillant des publics défavorisés ou lorsque les enseignants font preuve de pratiques d'investigation solides ».

L'enseignant doit aussi faire attention de ne pas mettre « trop l'accent sur les étapes de la démarche scientifique au détriment des investigations produites par les élèves eux-mêmes » sinon il risque de faire surgir des tensions en classe (Boilevin, 2013, p.244). Les élèves peuvent aussi avoir de la peine à transcrire ce qu'ils pensent. Ainsi, même si leurs explications orales peuvent sembler claires, il arrive régulièrement que ce ne soit plus le cas dans leurs écrits. Les élèves « ont pu emprunter des chemins, pas nécessairement absurdes, mais auxquels on n'avait pas songé » (Astolfi, 2017, p.81). Il sera nécessaire de les accompagner dans l'apprentissage de savoir poser ses idées sur papier et argumenter.

Il faut également faire réfléchir les élèves sur leur démarche et que l'enseignant fasse attention à son langage (Boilevin, 2013, p.244).

Il est capital de diversifier le matériel à disposition pour éviter d'influencer les élèves et de les laisser réaliser leurs propres propositions d'expériences (Courtilot & Ruffenach, 2006, p.166-167).

Un « des obstacles majeurs de la réforme de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences par investigation provient du fait que peu d'enseignants ont une expérience de la recherche scientifique et possèdent des conceptions très naïves sur celle-ci » (Boilevin, 2013, paragraphe 25).

La DI n'est pas évidente pour les élèves, car ils n'y sont pas habitués, il faut donc un temps d'adaptation pour qu'ils s'y accommodent. Il ne s'agit pas de laisser les élèves à l'abandon.

Cette perspective de développement progressif de compétences dans l'investigation scientifique sur plusieurs années est étudiée par Windschitl (2003) qui propose donc d'utiliser des tâches plus ou moins ouvertes en partant de démarches pré-structurées et en allant vers des formes guidées (questions proposées aux élèves) puis ouvertes (questions formulées par les élèves) » (Boilevin, 2013, p.247).

Dans cette étude, cette démarche sera mise en place sur quatre semaines seulement, donc ce temps d'adaptation sera ménagé au mieux, mais le temps reste la plus grande limite de cette prospection. Selon De Vecchi (2006, p.237) :

Il est bien évident que l'évaluation « terminale », lorsqu'il s'agit de l'acquisition de compétence, n'est qu'une étape dans la construction de cette compétence. C'est un travail de longue haleine qui peut faire l'objet d'un projet de classe ou de cycle et qui pourrait même se transmettre de l'école maternelle à l'école élémentaire... et même de l'école primaire au collège !

Lorsqu'il y a un résultat anormal qui ressort pendant une DI, les élèves « rencontrent des difficultés pour mettre en œuvre une approche scientifique adaptée afin de trouver une solution » (Boilevin, 2013, p.248). C'est également lorsqu'il y aura confrontation avec les conceptions de l'élève qu'il faudra être vigilant, en effet il faut parfois plus d'une expérience pour « ébranler les convictions des élèves » (De Vecchi 2006, p.137).

Les DI présentent donc des avantages indéniables, il faut cependant rester vigilant, il y a plusieurs écueils à éviter, comme expliqué ci-dessus.

Toutefois, il convient ici de rappeler une réalité présente dans nos collèges et qui peut expliquer la réserve que nous avons parfois à l'encontre de ces démarches. En 11^e année HARMOS, nos élèves feront leur premier choix professionnel. Il arrive que des maîtres d'apprentissage demandent aux futurs apprentis de faire un examen d'entrée qui portera sur plusieurs sujets traités en sciences.² Ainsi, même si nous désirons travailler de diverses manières avec nos élèves, nous devons trouver un juste équilibre afin qu'ils acquièrent suffisamment de connaissances. Les DI sont riches d'intérêts, mais elles prennent du temps. De plus, on n'y traite pas les mêmes sujets que lors d'un enseignement plus classique. Une

² Notamment pour les apprentissages de laborantins ou dans les domaines de l'électroplastique et de la peinture, tout dépend du patron et de l'association professionnelle.

conception peut être traitée au travers d'une démarche sans avoir recours à une formule scientifique, mais cette même formule sera peut-être demandée lors d'un examen d'admission. Il est donc nécessaire de varier les manières de travailler l'apprentissage.

1.4 LA DÉMARCHE D'EXPÉRIMENTATION SELON DE VECCHI (2006)

Parmi l'ensemble des démarches proposées, il a fallu faire un choix. J'ai donc opté pour la démarche d'expérimentation proposée par De Vecchi (2006), ceci parce qu'elle reprenait mes deux préoccupations :

- 1) Elle se construit à partir des conceptions des élèves.
- 2) Elle exploite leurs questions.

Deuxièmement, Gérard de Vecchi développe fortement la manière de faire des synthèses avec les élèves. Il donne beaucoup d'ouverture et de liberté sur la manière d'apporter la matière, tout en disposant d'un encadrement permettant à l'enseignant de se sentir à l'aise.

Nous allons dès à présent faire référence à celle-ci lorsque le terme « démarche d'expérimentation » (DE) sera utilisé. Nous allons la définir maintenant, l'ensemble de ce qui est écrit dans la suite de cette sous-partie est reformulée de De Vecchi (2006). Nous ne reviendrons pas sur ce qui a déjà été expliqué de manière générale pour les DI.

Tout d'abord, il n'y a pas qu'une seule démarche scientifique, la DE se veut souple dans la structure, notamment en permettant les allers et retours entre la question de recherche, les hypothèses, les résultats et leur interprétation, aussi parce que cela est plus représentatif de la vraie démarche scientifique vécue en sciences. C'est ainsi que chaque étape importante de celle-ci est représentée, que ce soit la partie expérimentale, la partie recherche de données – les élèves peuvent rechercher des informations sur diverses sources – ou la partie partage à la communauté scientifique et élaboration de synthèses.

Précisons aussi que tous les sujets ne se prêtent pas forcément bien à une DE.

Dans la DE, c'est l'élève qui construit la démarche depuis la question de recherche jusqu'à la synthèse. Il en est au centre. C'est ainsi qu'il peut trouver du sens dans ce qu'il fait, parce qu'il travaille sur des questions qui lui appartiennent. Celles-ci seront construites à partir d'une situation questionnante proposée par l'enseignant, choisie de manière à heurter les conceptions de l'élève. L'enseignant doit recueillir ces conceptions préalablement. Il peut également replacer le savoir dans son contexte de découverte, en présentant une situation qui a réellement posé problème autrefois. Car « souvent, leurs conceptions fausses sont les mêmes que celles qui ont prévalu à des époques antérieures » (De Vecchi, 2006, p.133).

Toutefois la manière la plus simple de créer des situations-problèmes au sens de de Vecchi (2007), est de partir des conceptions des élèves, – une fois qu'il y a eu émergence de celles-ci – de prendre des questions contradictoires et de demander qui a raison. La situation-problème amène une provocation, qui, si elle est bien amenée, incite les apprenants à changer de savoir.

L'enseignant est là, davantage en tant qu'accompagnateur qu'en tant que dispensateur du savoir. Il n'est pas là pour dire le vrai du faux. Toutefois, il appuie les réflexions de chaque élève. Il aide également à la formulation, car il s'agit souvent d'un défi pour l'élève que d'écrire avec justesse et de façon argumentée.

Avant de pouvoir partir dans la réalisation de l'expérience, l'élève doit tout d'abord rédiger sa question de recherche, ses hypothèses et le protocole de l'expérience. C'est seulement au moment où le problème est bien considéré que l'expérience peut débiter.

« Observer, c'est prendre en compte les conceptions des élèves... et celles du maître. Toute observation, même pour voir, est liée à ce qu'on a dans la tête (nos représentations) » (De Vecchi, 2006, p.89). Il faut donc faire émerger les conceptions des élèves et que l'enseignant soit conscient des siennes, comme ce que nous croyons savoir influence ce qui retient notre attention. Il est possible de connaître ses propres conceptions au travers de la littérature et des recensions qui en sont faites. Comme dit précédemment, l'enseignant découvre aussi une partie de ses conceptions lors de la préparation de ses cours.

Ce qui sépare une hypothèse d'une supposition, c'est la mise à l'épreuve. Pour qu'une hypothèse soit scientifique, il faut qu'elle se prête à la confrontation avec les faits. « Une réponse à une hypothèse ne constitue pas un savoir scientifique. Celui-ci n'acquière ce statut que s'il correspond à une connaissance d'ordre général » (De Vecchi, 2006, p.115).

Il est important que les élèves justifient leurs hypothèses. Réfuter une hypothèse est tout autant intéressant que de la confirmer, d'autant plus qu'on ne peut jamais affirmer qu'une hypothèse est vraie, puisqu'on ne peut aucunement envisager tous les cas qui peuvent exister.

Dans l'élaboration du protocole, il est important que les élèves déterminent le matériel dont ils ont besoin, ainsi que les principales étapes de leur expérience.

Ils doivent faire chaque manipulation expérimentale plusieurs fois, pour confirmer que le résultat obtenu est cohérent. Cela risque d'être un défi pour eux, souvent ils se contentent d'une seule expérimentation pour en établir une règle générale. Il faut au contraire éviter de « formuler des déductions qui dépassent les interprétations possibles » (De Vecchi, 2006, p.173). Si le besoin d'une généralisation se fait sentir, l'enseignant peut avoir recours à des documents scientifiques.

Lors de l'interprétation des résultats, les conceptions des élèves peuvent influencer les déductions qui seront faites. Ainsi, « certaines interprétations peuvent paraître évidentes... mais elles sont erronées ! » (De Vecchi, 2006, p.170). L'enseignant vérifie qu'il y a bien confrontation des résultats aux hypothèses.

C'est important que ce soit l'élève qui construise sa synthèse, même si cela prend du temps, car ainsi elle aura du sens pour lui. Il est également important que l'enseignant valide celle-ci.

« Si les apprenants, engagés dans un problème, n'arrivent pas à dépasser une étape délicate, le maître peut proposer un montage général ou mieux, une idée de principe » (De Vecchi, 2006, p.151). Dans cette situation, cette proposition peut faire partie de leur propre démarche de recherche, plutôt que de la démarche imposée par l'enseignant.

Tout au long de la démarche, il faudra « faire éprouver le besoin de rigueur et de mesure » (De Vecchi, 2006, p.164), cela peut notamment se faire au travers d'un exposé devant la classe pour présenter ce qui a été fait. Devant expliquer à des pairs, les élèves sont amenés à argumenter davantage et peuvent constater certaines faiblesses dans leur démarche. Cela peut aussi être transmis grâce à un cahier de bord, où les élèves écrivent leur démarche et font des synthèses validées par l'enseignant. Celui-ci fait attention à la syntaxe utilisée.

Outre le travail sur les conceptions qui peut être fait, nous pouvons travailler diverses compétences, – comme la curiosité, la créativité, la confiance en soi, la communication et la pensée critique – au travers de la DE. Évidemment, elles ne peuvent être toutes acquises au travers d'une seule séquence. C'est un travail de longue haleine. Dans l'idéal, cela devrait être commencé au Cycle 1 et poursuivi jusqu'à la fin de la scolarité obligatoire.

1.5 LES QUESTIONS DE RECHERCHES ET LES HYPOTHÈSES

Au départ, mes objectifs étaient de comprendre pourquoi mes élèves avaient des difficultés à apprendre, de trouver une manière d'y remédier et ceci tout en tenant compte de leurs questionnements et en se rapprochant dans le cours de la démarche telle qu'elle est vécue dans le milieu scientifique.

Nous avons lu dans la problématique que les élèves venaient en classe avec leurs conceptions et qu'hélas, souvent ils repartaient avec. Plutôt que de les remplacer, il valait mieux les faire évoluer. Pour ceci, il faut les prendre en compte, les faire émerger et faire travailler les élèves sur leurs conceptions. Nous pouvons également prendre en compte les questionnements des élèves en leur laissant un grand degré de liberté.

Voici ce que propose de Vecchi au travers de la DE. Celle-ci permet aussi d'être au plus proche de la démarche scientifique, tout en tenant compte du contexte scolaire et des limites qu'il impose.

Maintenant, il serait pertinent de savoir si le fait de prendre les conceptions dans ce contexte-là a un effet plus grand sur celles-ci que lors d'un cours plus dirigé et qui ne les fait pas émerger. Je désire donc construire une séquence à partir des DE et comparer l'évolution des conceptions de mes élèves à celle d'un groupe témoin.

Les premiers résultats montrent que l'observation par les élèves d'événements nouveaux pour eux, dans des expériences qu'ils réalisent eux-mêmes, demande une nouvelle construction mentale. Cette construction ne peut se faire sur le champ, elle nécessite une élaboration mettant en jeu des allers-retours et de nombreuses manipulations et donc du temps. (Tiberghien, 2003, p.380)

Il faudra donc comparer cette évolution en plusieurs temps, d'abord pendant la séquence, puis quelques mois plus tard. Aussi parce que – comme nous l'avons vu – quand une conception est travaillée, il y a possibilité de retours en arrière au début.

Ma question de recherche est donc :

- Quelle est l'évolution des conceptions des élèves au cycle 3 au travers d'une démarche d'expérimentation, ceci comparativement à un enseignement plus guidé et ne faisant pas émerger ces conceptions ?

Cette évolution sera observée à deux moments : la première pendant la séquence et la seconde deux mois après son achèvement.

Il y aura donc un groupe qui aura l'enseignement avec la DE, ce sera le groupe expérimental (GE) et un autre qui aura un enseignement plus classique et sans émergence des conceptions, ce sera le groupe témoin (GT).

Mes hypothèses générales sont :

- pendant l'enseignement de la séquence, les conceptions des élèves du GE sembleront moins évoluer que celles du GT.
- Plusieurs mois plus tard, les élèves du GT auront à nouveau leurs conceptions de départ, celles du GE auront évolué.
- Dans le GE, on verra une évolution claire des conceptions sur lesquelles les élèves auront travaillées, les autres resteront peu changées.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 FONDEMENT MÉTHODOLOGIQUE

Dans le but de répondre à ma question et avec les conditions imposées par mon stage, j'ai choisi de faire cette démarche d'expérimentation (DE) sur le sujet de la masse volumique en 10^{ème} HARMOS.

Commençons par expliquer quels sont les fondements méthodologiques de la recherche.

Nous sommes ici dans un paradigme pragmatique, parce qu'il y a une recherche d'un enseignement plus efficient concernant la prise en compte des conceptions et permettant une évolution plus stable dans le temps de celles-ci. Nous sommes dans une démarche quasi-expérimentale.

2.1.1 LA DÉMARCHE QUASI-EXPÉRIMENTALE

La méthode « expérimentale est basée sur l'expérimentation, c'est-à-dire l'observation des changements produits sur certains facteurs par la manipulation systématique d'autres facteurs » (Richer & Gattuso, 1981, p.20). Ces facteurs sont appelés variables. Il en existe plusieurs types, dont les variables indépendantes, ce « sont celles qui sont manipulées par le chercheur, elles sont dites indépendantes parce qu'elles ne dépendent pas du sujet. » (Rossi, 1997, p.41). Dans notre cas, il s'agit de la construction du cours à partir des conceptions initiales émergées. Ce choix didactique ne dépend pas de l'élève.

Il y a également la variable dépendante, il s'agit de « la variable qui varie selon la modalité de la variable indépendante. C'est elle dont les variations sont prévues par le chercheur, qui établit une relation causale entre les variations de la variable indépendante et celles de la variable dépendante. » (Rossi, 1997 p.54). La variable dépendante ici est l'évolution des conceptions des élèves et nous cherchons à montrer que la prise en compte de ces conceptions a un impact sur leur évolution dans le temps.

De même, les variables contrôlées peuvent également influencer la variable dépendante et donc l'expérience, mais on ne désire pas les prendre en tant que variables indépendantes. Il est donc nécessaire de les contrôler pour limiter leur effet sur le dispositif. Il est également possible que la variable contrôlée n'interfère pas avec la variable indépendante, mais il est nécessaire de s'en assurer (Rossi, 1997, p.45). Dans notre situation, une variable contrôlée pourrait être la taille du GE (15 élèves) comparée à celle du GT (7 élèves). Il faut donc être vigilant pour que cela impacte au minimum les résultats qui seront obtenus. Je peux par exemple demander de l'aide à mon Formateur En Établissement (FEE), ainsi il y a le même nombre d'élèves par enseignant que dans le GT, mais dans ce cas-là, il faudra rester attentif car cela peut influencer les résultats comme il enseigne lui-même au GT. Il faudra alors que son plan d'enseignement pour ce groupe soit déjà fixé. Il faut également qu'il n'ait pas accès aux conceptions des élèves du GT avant la fin de la prise de données.

Il y a également la variable sujet, c'est-à-dire le fait que nous faisons ces recherches avec des êtres humains, en l'occurrence des élèves. Leur contexte socio-culturel, leur âge, leur affinité avec la branche enseignée, leur relation avec l'enseignant... Tout cela influence l'étude (Rossi, 1997, p.52). Il est donc nécessaire de neutraliser au maximum les effets de cette variable.

Dans le cas de cette recherche, les deux demi-groupes ont suivi le même enseignement (dans la mesure du possible) et ont été soumis aux mêmes évaluations jusqu'au moment de l'étude. Pour éviter un biais quant à leurs prérequis en commençant la séquence, un questionnaire sur leurs conceptions personnelles a été effectué. Il sera anonymisé subséquemment.

Dans cette démarche, il y a formulation d'hypothèses avant l'expérimentation sur le terrain. Un retour sur celles-ci se fait à la fin pour les vérifier ou réfuter (Richer & Gattuso, 1981, p.21). Des hypothèses générales ont été formulées dans la problématique, nous les précisons plus tard. Ces dernières « permettent à l'hypothèse générale d'être vérifiable, par le biais de son opérationnalisation, dans le cadre d'une *recherche* particulière. » (Anceaux & Sockeel, 2008, p.46).

Pour vérifier l'effet de la variable indépendante choisie, il est nécessaire d'avoir un groupe témoin, c'est-à-dire un groupe pour qui cette variable n'interviendra pas. Dans l'idéal il faut qu'il soit soumis à toutes les autres variables (Anceaux & Sockeel, 2008, p.98). La nécessité d'un groupe témoin est incluse dans ma question de recherche. Il est fondamental de vérifier que prendre en compte les conceptions initiales a un impact réel.

Cette démarche est quasi-expérimentale plutôt qu'expérimentale car nous n'avons pas le contrôle sur l'ensemble des variables, par exemple le nombre d'élève très différent entre le GE et le GT qui est imposé (De Saint-André, Montésinos-Gelet, Morin & Saussez, 2010, p.163).

C'est également une démarche plus qualitative que quantitative, car l'échantillonnage de ce travail ne contient que 22 élèves.

Le fait que l'instrument de collecte de données ait été construit pour ce travail se trouve être à la fois un avantage et un inconvénient dans cette démarche. En effet, j'ai pu choisir ce que je désirais évaluer, mais il est également possible que je sois passé à côté d'éléments importants. Le fait de réduire l'enseignement à une méthode constitue une limite (De Saint-André *et al.* 2010, p.164).

Il y a trois hypothèses générales en problématique, voici les trois hypothèses de recherche qui y répondent :

- 1) les élèves du GT auront de meilleurs résultats au deuxième questionnaire comparativement au prétest que ceux du GE, comme ils auront appris ce qu'il y a à apprendre et vu toute la matière, alors que ceux du deuxième groupe n'auront travaillé que sur certaines de leurs conceptions sur lesquelles ils auront donc progressé. Par-contre, leurs autres conceptions n'auront pas ou peu changé.
- 2) les élèves du GE auront de meilleurs résultats au troisième questionnaire comparativement au premier que ceux du GT, car ils auront travaillé sur leurs conceptions, alors que ceux du deuxième auront appris puis oublié, du moins en partie.
- 3) Pour les élèves du GE, nous constaterons principalement une amélioration significative pour les conceptions qu'ils auront travaillées pendant leurs démarches. En effet, ils n'ont pu travailler sur l'ensemble de leurs conceptions, celles-ci étant trop nombreuses. Les exposés discutés en classe sur les DE des autres groupes n'auront pas un grand impact sur leurs conceptions.

2.2 LA NATURE DES DONNÉES ET LES PROCÉDURES DE RECUEIL DE CES DONNÉES

2.2.1 CONTEXTE ET NATURE DU CORPUS

Ma séquence sera donc enseignée au cycle 3 en 10^{ème} HARMOS dans une école du canton de Neuchâtel sur le thème de la masse volumique. J'ai un demi-groupe de quinze élèves, avec lequel je vais mettre en place cette DE et un deuxième demi-groupe de sept élèves qui sera le GT et qui suivra un enseignement plus fermé et – comme déjà dit – sans émergence des conceptions des élèves. Ces deux demi-groupes sont issus de la même classe de sciences de la nature niveau 2.

Dans le canton de Neuchâtel, l'école obligatoire est séparée en trois cycles sur 11 ans. Dans le troisième cycle, – de la 9^{ème} année à la 11^{ème} HARMOS – il y a plusieurs branches à niveaux, dont les sciences de la nature dès la 10^{ème} HARMOS. Il y a deux niveaux : le niveau 1, qui est le niveau élémentaire et le niveau 2, qui est le niveau plus approfondi. En 10^{ème} HARMOS, il y a trois périodes hebdomadaires. Je vais faire cette séquence sur 14 périodes, évaluation comprise. Deux élèves du GE ont des mesures BEP³. Je souhaite observer également de quelle manière ces deux élèves pourront trouver leur place pendant cette séquence. Il y a aussi deux élèves du GT ayant des mesures BEP.

2.2.2 MÉTHODE DE RÉCOLTE DES DONNÉES

Comme partiellement évoqué ci-dessus, la méthode choisie est une enquête par questionnaire, notamment parce que le choix d'entretiens aurait amené un grand risque de biais avec le GT. Comment savoir si les conceptions du GT ont évolué avec l'enseignement apporté ou au travers de ces entretiens ?

Ce questionnaire a été construit à l'aide d'une recension des principales conceptions connues des élèves de cet âge sur la masse, le volume et la masse volumique (Javoy, Decroix & De Hosson, 2018a et 2018b). Il est construit à partir de sept situations, chacune reliée à une conception particulière, de trois définitions et de deux expérimentations. Deux demi-classes l'ont préalablement rempli pour le valider avant de le soumettre au GE et au GT. Il a été construit à partir de Singly (2012), notamment en ce qui concerne la formulation des questions, afin de limiter le nombre de biais.

Ce questionnaire sera soumis aux élèves à trois reprises (Cf. Tableau 1), d'abord avant la séquence comme prétest, puis une semaine avant l'évaluation sommative et enfin 2 mois plus tard. Bien que les élèves du GE aient travaillé sur certaines situations du questionnaire⁴, comme aucune correction n'a été apportée, nous avons décidé de soumettre le même questionnaire lors des trois passations. Cela permettra de faciliter les comparaisons. Le premier test permet de connaître les conceptions initiales de chaque élève et ainsi, s'il devait y avoir un des groupes qui ait un niveau global meilleur que l'autre, cela sera contrôlé au travers de ce prétest. Les suivants seront là pour voir l'évolution de ces conceptions, tant d'un point de vue global dans les groupes qu'individuel d'un élève à un autre.

³ BEP = Besoins Éducatifs Particuliers : Ces mesures s'adressent à des élèves qui, avec la confirmation de spécialistes, sont reconnus comme ayant des difficultés conséquentes notamment pour apprendre. Elles consistent en des adaptations des épreuves et de l'enseignement afin de les aider au mieux.

⁴ Il y a plus de détail lors de l'explication de ce qui a été fait en classe.

TABLEAU 1 SCHÉMA REPRÉSENTANT LA STRUCTURE DE LA DÉMARCHE QUASI-EXPÉRIMENTALE

| | | | | |
|------------------------------|-------------------------|--|--|--|
| Démarche quasi-expérimentale | Semaine 1 | Prétest | | |
| | Semaine 2 et 3 | Enseignement de la séquence | | |
| | | Groupe d'expérimentation | | Groupe témoin |
| | | 15 élèves | | 7 élèves |
| | | Enseignement avec émergence des conceptions et construit par l'élève | | Enseignement plus guidé sans émergence des conceptions |
| | Semaine 4 | Deuxième questionnaire | | |
| | Semaine 5 | Fin de séquence | | |
| Semaine 13 | Troisième questionnaire | | | |

Pour éviter que l'enseignant du GT soit influencé par les conceptions de ses élèves, il n'aura pas accès à leurs questionnaires pendant la séquence.

Concernant la communication sur cette étude, l'ensemble des élèves sera averti qu'il n'y a pas d'évaluation sommative sur les questionnaires, qu'ils servent uniquement à un travail pour mes études à la HEP, qu'ils ne seront cités que de manière anonyme et que je désire savoir ce qu'ils pensent réellement.

2.2.3 SÉQUENCE ENSEIGNÉE AU GROUPE EXPÉRIMENTAL

| | |
|-----------------------|--|
| Formation des groupes | <p>Les élèves ne seront pas informés qu'une étude est faite sur cette séquence, car elle sera effectuée dans un contexte habituel. Elle sera construite selon ce qui a été expliqué en problématique. Les 15 élèves ont été réparti dans 5 groupes différents selon ces deux critères :</p> <ul style="list-style-type: none"> - en fonction de leurs conceptions initiales établies à partir du premier questionnaire, de manière à ce que celles-ci soient différentes entre les membres du groupe. - en essayant de mettre ceux qui ont tendance à s'affirmer facilement ensemble, afin que chaque élève trouve sa place dans son groupe. |
|-----------------------|--|

| | |
|----------------|--|
| Carnet de bord | <p>Tout au long de la séquence, – comme abordé courtement en problématique – chaque élève aura un carnet de bord personnel. Il sera composé d’une partie avec des narrations de recherche, dans laquelle il écrira l’ensemble de la démarche. La deuxième partie sera composée de synthèses. Chaque groupe écrira également la synthèse des démarches présentées en exposé. L’ensemble des critères communiqués concernant l’écriture des diverses étapes d’une démarche (question de recherche, hypothèse, protocole, résultats, ...) seront appuyé à l’aide de la partie « Démarches » de l’aide-mémoire (Bardou & Emery, 2019). Les détails le concernant se trouvent dans l’annexe 3.</p> |
| Général | <p>Je récupérerai leurs carnets de bord après chaque période ou double période et je ferai des suggestions d’amélioration personnelles ou de groupe après leur lecture. Donc, dès la deuxième période, ils commenceront à travailler en reprenant ce qui a été fait la fois précédente et en l’améliorant, sauf évidemment lors des périodes avec les exposés. Cependant, au fur et à mesure que la séquence avancera, je ferai davantage de réflexions à propos de la formulation et de la rigueur scientifique directement en classe. Dans ces suggestions, je proposerai aussi parfois de travailler pendant la période sur une autre tâche, par exemple de plutôt travailler d’abord sur les hypothèses avant de reprendre l’expérience.</p> <p>Je vérifierai qu’il y ait une bonne cohérence entre la question de recherche, les hypothèses et l’expérience proposée, avant de leur permettre de faire l’expérience. Dans le cas où un groupe aurait des difficultés à trouver une cohésion dans sa démarche, il peut m’arriver de le laisser expérimenter par lui-même. Dans le but qu’il puisse trouver un fil rouge par l’expérimentation.</p> <p>Chaque période ou double période débutera également par un moment en plénum où je reviendrai sur les éléments généraux de la leçon précédente. Ce sera aussi l’occasion de donner un peu de théorie sur la démarche scientifique.</p> <p>Pendant l’ensemble de la séquence, j’ai un rôle d’accompagnatrice, je ne suis pas celle qui détient la vérité, ce sont les élèves qui se corrigent eux-mêmes, je ne dirai jamais la « bonne réponse » et je ne corrigerai pas les questionnaires.</p> |

| | |
|--|--|
| 1 ^{ère} période | <p>Introduction de ce qui va être fait pendant cette séquence, les groupes sont constitués et font connaissance. Ils comparent leurs questionnaires et choisissent une situation sur laquelle ils aimeraient travailler pour leur première DE.</p> <p>Défi rencontré : dans la séquence 2, on est souvent parti de l'expérience pour construire l'hypothèse. Ici, c'est l'inverse qui leur est demandé. Plusieurs groupes cherchent une expérience pour pouvoir construire leur démarche dessus.</p> |
| 2 ^{ème} et 3 ^{ème} périodes | <p>Explication en plénum de l'utilisation du carnet de bord, le document le concernant est distribué (annexe 3), ainsi qu'un document d'aide à la formulation de questions de recherche et d'hypothèses (annexe 2). Tous les groupes ont construit une expérience, certains l'ont effectuée, plusieurs ont commencé de rédiger la conclusion. Certains demandent du matériel pour la prochaine fois.</p> <p>Défi rencontré : les élèves savent exprimer à l'oral ce qu'ils cherchent, mais ils ont des difficultés à l'écrire. Ce qui peut paraître clair pendant cette leçon, le sera-t-il encore dans une semaine ?</p> |
| 4 ^{ème} et 5 ^{ème} périodes | <p>Après avoir discuté en plénum de l'interprétation des résultats, les élèves travaillent sur la suite de leur démarche avec l'aide d'un retour par écrit sur leurs carnets de bord. Les groupes ont reçu le matériel qu'ils ont demandé la fois précédente.</p> <p>Les groupes les plus rapides ont un défi à relever. Ils doivent identifier si un solide en fer à béton est constitué de fer uniquement. Ils sont libres sur la démarche. Certains groupes commencent leur deuxième DE.</p> <p>Défi rencontré : Idem que pour les périodes 2 et 3.</p> |
| 6 ^{ème} , 7 ^{ème} et 8 ^{ème} périodes | <p>Les groupes présentent leurs démarches – de la question de recherche à la conclusion – à l'ensemble de la classe les uns après les autres. La classe représente la communauté scientifique, elle participe et pose des questions. Chaque élève prend également des notes dans son carnet de bord, ils ont été avertis qu'une évaluation serait peut-être faite sur l'ensemble des DE avec le support des carnets de bord.</p> <p>Mon FEE nous rejoint en renfort dès la 7^{ème} période, il n'est pas au courant des conceptions des élèves ni de ce qu'ils ont fait. De plus, de son côté, la plupart de la séquence a déjà été enseignée. Ensemble, nous posons des questions et discutons avec les groupes qui présentent. Cela permet de répartir la charge de questions.</p> |
| 9 ^{ème} période | <p>Discussion sur la lecture d'un bécher et sur la marge d'erreur, après expérience, ils l'ont déterminée à 2%. Mon FEE n'est pas présent.</p> |

| | |
|---|--|
| 10 ^{ème} et 11 ^{ème} périodes | Début d'une nouvelle DE pour la plupart des groupes en lien avec les questions ressorties lors des exposés. Début également d'une coévaluation par compétences avec mon FEE. |
| 12 ^{ème} période | Passage du 2 ^{ème} questionnaire en classe. Discussion autour du travail critique. |
| 13 ^{ème} et 14 ^{ème} période | Chaque groupe finit la DE en cours, tous les groupes auront fait au moins deux DE complètes au total. Fin également de l'évaluation par compétences (annexe 4). |
| 15 ^{ème} période | Évaluation sur les démarches et le regard critique (annexe 5). |

2.2.4 SÉQUENCE ENSEIGNÉE AU GROUPE TÉMOIN :

| | |
|--|---|
| 1 ^{ère} , 2 ^{ème} et 3 ^{ème} périodes | Approche de la notion de masse volumique. Dans un premier temps, les élèves ont dû classer intuitivement diverses matières de la plus légère à la plus lourde. Dans un second temps, ils ont classé des cubes de 1cm ³ selon leur masse à l'aide d'une balance. Cela a permis de discuter des notions de masse et de volume. Début de la théorie sur la formule : $\rho = m/v$. |
| 4 ^{ème} , 5 ^{ème} et 6 ^{ème} périodes | Détermination de différentes matières en trouvant la masse volumique de divers solides réguliers (pavés droits et cylindres) et réflexions sur les solides irréguliers. Première série d'exercices de type : quelle est la masse d'un cube de plomb dont le volume est de 230 cm ³ ? |
| 7 ^{ème} , 8 ^{ème} et 9 ^{ème} périodes | Mise en pratique avec les solides irréguliers par immersion et masse volumique des liquides. Reprise de la théorie avec les changements d'unités et résumé du chapitre. Utilisation de la notion de densité avec l'expérience « ça flotte dans mon cocktail » en mélangeant dans un cylindre gradué huile, glycérine, eau et essence puis en plongeant un glaçon, un cube en plastique et un cube de fer. |
| 10 ^{ème} , 11 ^{ème} et 12 ^{ème} période | Reprise des exercices avec les corrections et évaluation pratique lors de la période double. |
| 13 ^{ème} période | Évaluation. |

2.3 LES MÉTHODES D'ANALYSE DES DONNÉES :

Avec en tout 65 questionnaires⁵ remplis à propos de douze questions ou situations différentes, il y a une quantité d'informations traitables sur deux niveaux :

- De façon globale, en tenant compte à chaque fois dans toutes les analyses de l'ensemble des réponses, mais en suivant des catégorisations différentes.
- De façon locale, en faisant des comparaisons questions par questions, ceci afin de voir l'impact que les deux modèles d'enseignement ont eu pour chacune des questions.

Afin d'alléger la lecture, nous utiliserons Q1 pour le prétest, Q2 pour le deuxième questionnaire et Q3 pour le troisième questionnaire.

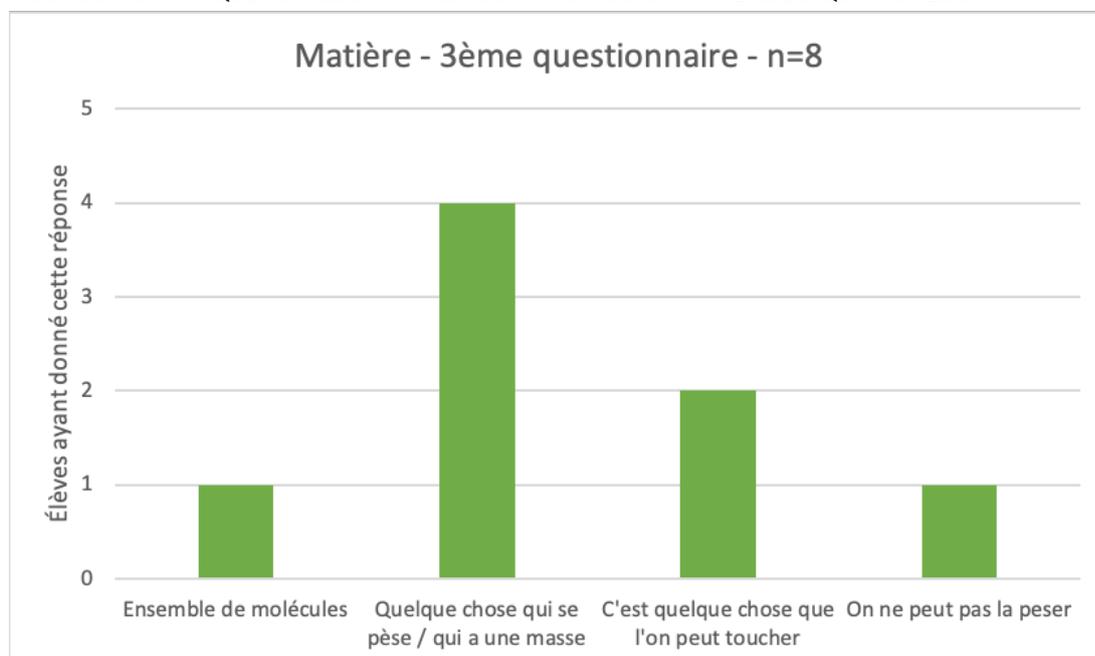
Les réponses des élèves seront codées selon deux échelles de notation différentes :

2.3.1 L'ÉCHELLE DE JUSTESSE (EJ)

Tout d'abord, la justesse des réponses de chaque élève à chaque questionnaire sera analysée, les indices suivants seront donnés :

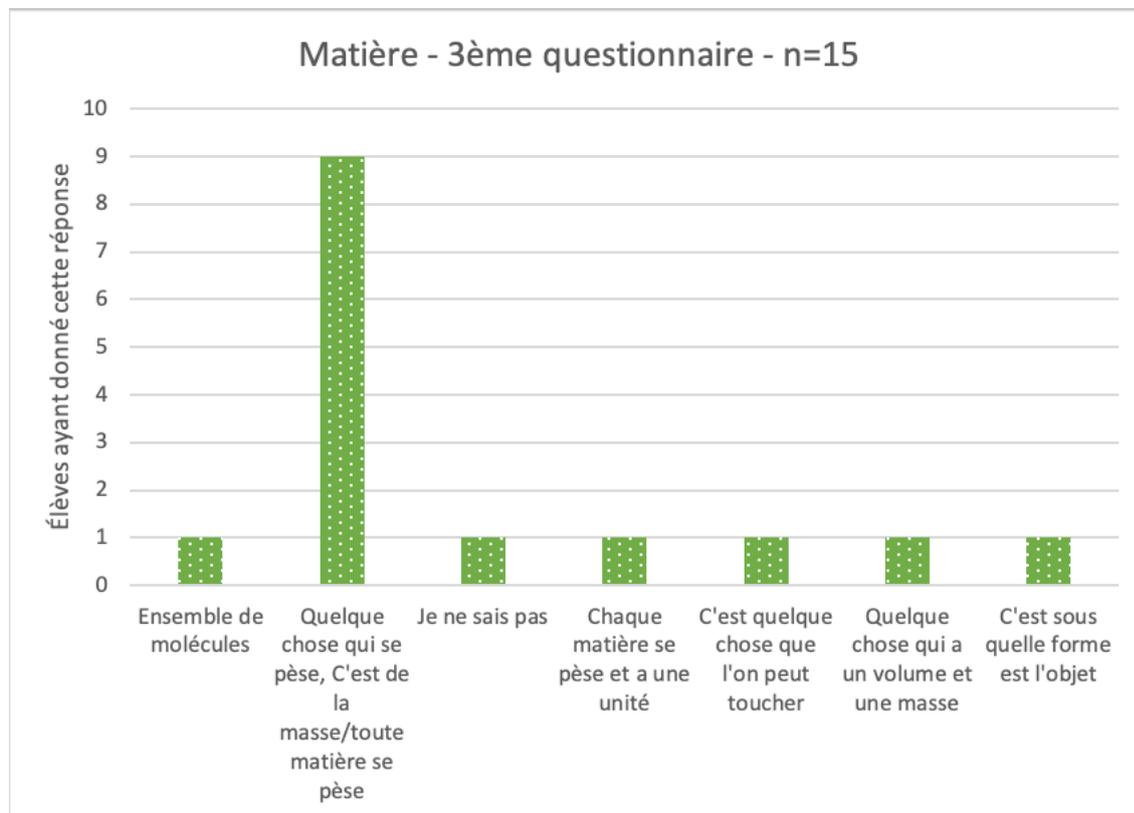
- 1 si la question est globalement juste
- $\frac{1}{2}$ si la question est partiellement juste
- 0 si la question est globalement fautive

FIGURE 1 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LA DÉFINITION DE LA MATIÈRE DU Q3 POUR LE GT



⁵ Nous avons été dans l'impossibilité de faire remplir Q2 du groupe témoin à un élève, ceci dû à son absentéisme, suivi par les vacances. Par la suite la pertinence de ce questionnaire n'était plus et nous avons donc renoncé à son remplissage.

FIGURE 2 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LA DÉFINITION DE LA MATIÈRE DU Q3 POUR LE GE



L'ensemble des points obtenus pour chaque questionnaire sera additionné, ainsi nous aurons un « taux de justesse » pour chaque questionnaire et chaque élève. Une deuxième addition sera faite question par question : par exemple pour la définition de la matière, tous les points obtenus par chacun des groupes seront additionnés pour chaque questionnaire. Comme cela, le taux de justesse par groupe pour chaque question sera obtenu, ce qui permettra de faire des comparaisons. Il va de soi que aussi le taux de justesse par questionnaire de chaque groupe sera également calculé.

Nous voyons dans les Figures 1 et 2 ci-dessus une grande diversité de réponses, lesquelles seront considérées comme globalement justes, partiellement justes ou globalement fausses ?

Le choix est fait à partir de ce qui a déjà été enseigné aux élèves, vu qu'ici il s'agit d'une définition vue en classe. La matière est définie comme « tout ce qui possède une masse ». Les définitions faisant appel à la masse sont donc considérées comme les mieux formulées. Celles qui feront référence aux molécules et aux atomes seront également considérées comme globalement justes. La réponse « gazeux, liquide, solide »⁶ sera considérée comme partiellement juste. Les autres réponses seront considérées comme globalement fausses.

⁶ Les trois états de la matière sont : solide, liquide et gaz.

Dans la Figure 1, il y a huit réponses au total alors qu'il n'y a que sept élèves dans le GT. Cela est simplement parce que les réponses ont été fragmentées dans cette représentation. Lorsqu'un élève a écrit « C'est quelque chose qui se pèse, c'est quelque chose qu'on peut toucher », alors sur le graphique la réponse y est représentée en deux temps. C'est parce que sur celui-ci est représenté le nombre d'occurrence de chaque réponse. Ce choix a été fait dans la plupart des figures présentées dans l'annexe 9. Cependant, lors de la notation de la justesse de la réponse, cette réponse sera considérée comme partiellement juste (½ point).

2.3.2 L'ÉCHELLE DE PROGRESSION (EP)

Ensuite, les progressions et les régressions entre le Q1 et le Q2, entre le Q1 et le Q3, ainsi qu'entre le Q2 et le Q3 seront comparées. La notation sera celle-ci :

- +1 s'il y a amélioration ou gain d'information entre deux réponses
- 0 s'il y a stabilité
- -1 s'il y a régression entre les deux réponses

Précisons que dans ce décompte, le passage d'une conception fautive à une autre, toujours fautive, mais moins, permettra à l'élève d'obtenir un point positif, alors qu'il n'en obtiendra peut-être pas pour l'EJ. Par exemple pour la question : « Pourquoi est-ce que l'huile flotte sur l'eau ? » (Cf annexe 1), certains élèves ont répondu dans le Q1 : « C'est parce qu'elle est grasse (à cause de sa texture) », puis, dans un des questionnaires suivants, ils ont donné comme réponse : « C'est parce que l'huile est plus légère que l'eau ». Bien que dans les faits, les deux réponses soient erronées, la deuxième est plus proche de la bonne réponse que la première, il y a donc eu amélioration.

Pour un élève ayant par exemple répondu pour la définition de la masse au Q1 par « Quelque chose qui se pèse » et au Q2 par « Quelque chose qui se pèse, que l'on peut toucher », nous voyons qu'une conception revient dans la deuxième réponse, il y a donc régression. Dans ce cas, l'indice « -1 » sera attribué.

Si un élève a deux réponses très différentes, mais globalement fausses, alors il y aura stabilité, sauf s'il y a évolution dans la conception présentée.

L'addition de tous les points positifs pour une question donnera la possibilité de voir le pourcentage d'amélioration de la question et ceci, même si dans les faits il n'y aura peut-être pas gain de points côté EJ. L'addition de tous les points négatifs pour une question pourra nous éclairer sur la régression qu'il y a eu. L'addition de tous les points donnera le progrès relatif qu'il y aura eu et enfin, le décompte du nombre de fois où aucun point n'a été attribué – ni négatif, ni positif – donnera le taux de stabilité dans le questionnaire.

2.3.3 L'ANALYSE GLOBALE DES QUESTIONNAIRES

Nous commencerons par une approche globale grâce à l'EJ. Comme le taux de réussite de l'EJ pour le Q1 est différent entre GT et GE, le calcul suivant a été effectué suivant cette formule pour calculer le progrès entre deux questionnaires :

$$\text{Justesse questionnaire } a = EJa$$

$$\text{Justesse questionnaire } b = EJb$$

$$\text{Progrès entre les questionnaires } a \text{ et } b = \frac{EJb - EJa}{EJa} * 100$$

Nous obtenons grâce à cette formule le pourcentage d'amélioration du questionnaire b par rapport au questionnaire a. Il y a des limites dans ces calculs si par exemple, le questionnaire a avait un taux de réussite de 0%, les divisions par 0 étant non définies. Heureusement, aucun questionnaire n'a obtenu ce résultat.

2.3.4 L'ANALYSE SELON L'ÉCHELLE DE JUSTESSE AU Q1

Une fois tous ces codages faits, nous pratiquerons alors à une analyse des résultats des élèves en les réunissant par groupes :

- Ceux ayant obtenu entre 60% et 80%
- Ceux ayant obtenu entre 40% et 60%
- Ceux ayant obtenu entre 20% et 40 %⁷

L'objectif est de discuter si l'évolution du niveau global des tests dans ces trois groupes est similaire, que ce soit dans le GT ou le GE, afin de voir si les deux méthodes d'enseignement tendent à des effets différents selon les groupes.

2.3.5 L'ANALYSE DANS LE GE SELON LES COMPÉTENCES TRAVAILLÉES

Nous ferons enfin un dernier niveau d'analyse sur le GE seulement, car tous les élèves n'ont pas travaillé sur les mêmes conceptions. L'intention là est donc de regarder comment les conceptions travaillées en classe, les conceptions présentées lors des exposés ainsi que les conceptions non travaillées de chaque élève ont évolué. Avec ensuite une globalisation des résultats.

Enfin nous discuterons de l'ensemble des résultats ainsi obtenus, ainsi que de leur pertinence et des biais expérimentaux qui peuvent être intervenus.

2.3.6 ANALYSE PLUS LOCALE

À l'aide des deux échelles (EJ et EP), nous ferons une analyse pour chaque situation du questionnaire où les résultats sont très différents entre GT et GE.

⁷ Il n'y a eu ni résultats en dessous de 20%, ni résultats en dessus de 80% pour le Q1

3 ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Comme dit en méthodologie, l'ensemble des résultats ont été classé grâce à deux échelles de notation différentes. C'est à partir de ces échelles que tous les résultats qui seront présentés par la suite ont été synthétisés. Au vu de l'échantillonnage petit (22 élèves), côté statistique, nous nous arrêterons à des pourcentages, en effet, plus les statistiques sont poussées, plus la marge d'erreur s'agrandit. Nous arriverions rapidement à des résultats ne présentant que peu voire pas de fiabilité.

Le tout sera évidemment synthétisé en fin de partie.

3.1 APPLICATION DES ÉCHELLES DE NOTATION

Que ce soit pour l'EJ ou l'EP, rappelons-nous que l'évaluation est au moins partiellement subjective. Il a bien fallu décider de quelles réponses sont considérées comme globalement justes, partiellement justes ou globalement fausses. Il a également bien fallu déterminer à quel moment une réponse était en évolution ou en régression par rapport à une autre. Parfois les limites sont fines.

Nous faisons ici un petit rappel de ces deux échelles qui sont décrites dans la partie « Les méthodes d'analyse des données » en méthodologie.

3.1.1 ÉCHELLE DE JUSTESSE (EJ)

Pour plusieurs questions, il y avait un large panel de réponses différentes. La recension de toutes ces réponses se retrouve sous forme de graphes dans l'annexe 9.

Nous avons déterminé pour chaque réponse donnée si elle était globalement juste, partiellement juste ou globalement fausse. L'addition de l'ensemble des points pour un questionnaire donne son taux de réussite selon l'EJ.

3.1.2 ÉCHELLE DE PROGRESSION (EP)

Pour chaque situation du questionnaire, nous avons comparé les réponses données par chaque élève. Cela a été fait entre le Q1 et le Q2, entre le Q1 et le Q3 et enfin, entre le Q2 et le Q3. Nous en avons notamment besoin pour valider ou invalider les hypothèses énoncées en méthodologie.

3.2 ANALYSE GLOBALE DES QUESTIONNAIRES

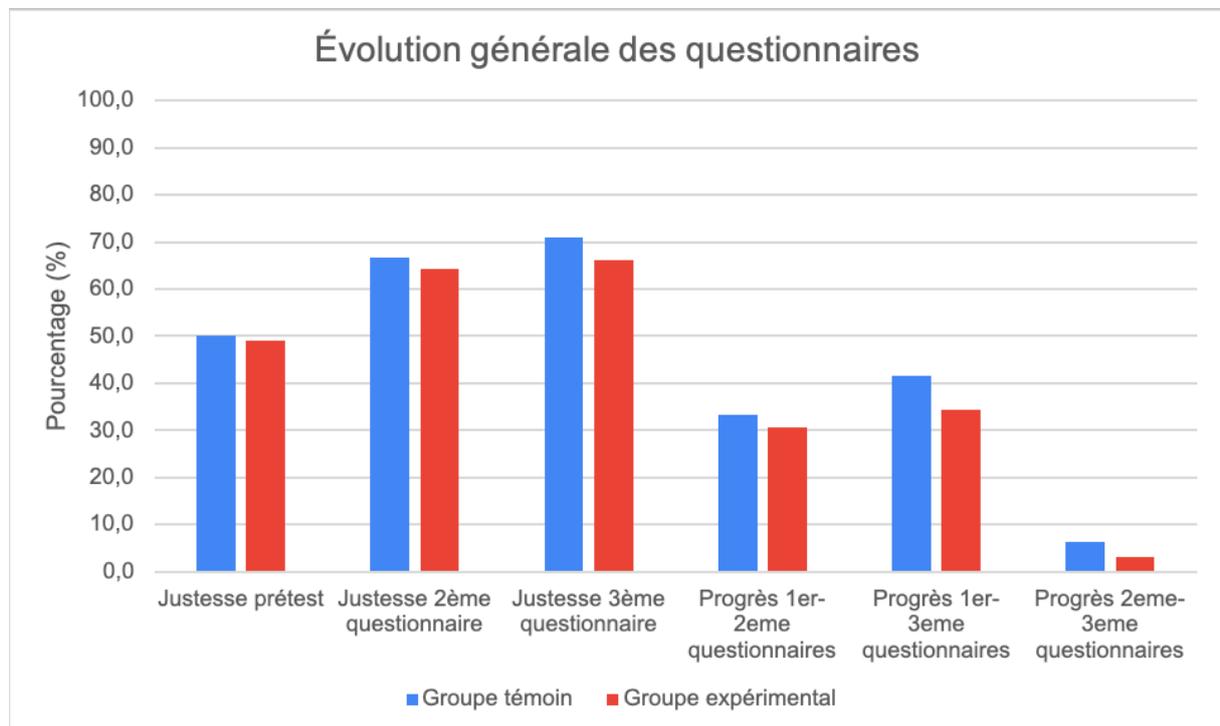
Les chiffres précis des Figures 3 à 10 se trouvent sous la forme de tableaux dans les annexes 6 à 9.

3.2.1 ÉVOLUTION SELON L'ÉCHELLE DE JUSTESSE

Nous pouvons observer dans la Figure 3 que le groupe expérimental (GE) a un résultat inférieur d'environ 1% par rapport au groupe témoin (GT) au Q1. Cette différence passe à 2,5% au Q2 et à 5% au Q3. Cependant, cette donnée ne nous éclaire pas vraiment sur la différence d'évolution entre les deux groupes, il est donc nécessaire d'aller plus loin.

Les trois dernières colonnes sont obtenues grâce à la formule explicitée en méthodologie. Elles représentent le pourcentage d'amélioration entre deux questionnaires.

FIGURE 3 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DE LA JUSTESSE DES QUESTIONNAIRES



Nous obtenons ici une différence de progression de 7% au plus entre les deux groupes. Avec les erreurs expérimentales (différence de taille des groupes, subjectivité relative de l'utilisation de l'échelle de notation...) et le faible échantillonnage, cette différence est donc faible. Au premier abord, il semblerait donc que la méthode d'enseignement du GT ait un impact légèrement supérieur sur les conceptions.

Nous pouvons noter toutefois qu'il n'y a que peu de progrès entre le Q2 et le Q3, que ce soit dans un groupe ou dans l'autre. Le Q3 est supérieur de seulement 21% au premier pour le GT et d'environ 17% pour le GE. Il s'agit d'une faible amélioration alors qu'une séquence complète d'enseignement s'est déroulée entre les deux questionnaires. Cependant, comme vu en problématique, nous savons que ces conceptions sont très résistantes, nous pouvons le constater dans ces graphiques.

Notons également que si nous comparons la différence de score entre le Q1 et le Q3, mais sans tenir compte des trois définitions, le GT au Q1 n'obtient pas plus de 40% de réussite et le progrès total ne dépasse pas les 19%. Quant au GE, au Q1 il obtient 41% et le progrès total est de 21%. Les tendances s'inversent. Il semblerait donc, que l'impact sur les conceptions des deux méthodes est très proche.

3.2.2 ÉVOLUTION SELON L'ÉCHELLE DE PROGRESSION

Nous allons ici voir le pourcentage des réponses ayant progressé, régressé ou qui sont restées stable, ainsi que le progrès relatif de l'évolution de la qualité de l'ensemble des réponses entre deux questionnaires. Concernant le progrès relatif vu dans cette partie, il est différent du progrès calculé dans la partie précédente. Il résulte de la moyenne exprimée en pourcent de tous les indices attribués dans cette échelle.

Le premier point à relever sur les Figures 4, 5 et 6 est le nombre de réponses qui demeurent stable entre tous les questionnaires (plus de 67%) alors que le taux de justesse au Q1 (cf. Figure 3) n'excède pas les 50%. Cette constatation confirme à nouveau le fait que les conceptions initiales possèdent une grande stabilité. Le progrès global est, dans l'ensemble, légèrement plus élevé pour le GT. Cette différence toutefois ne dépasse pas les 2,5%. Il faut modérer ces résultats, car avec un échantillon si faible, peut-on vraiment dire qu'il y a un groupe qui l'emporte sur l'autre avec une différence si faible ? Il suffirait d'un élève de plus ou de moins pour apporter déjà une différence de quelques pourcents. Nous serions donc plutôt portés à dire que les deux méthodes semblent avoir un effet global similaire sur les conceptions.

Le nombre de réponses ayant vu une amélioration de sa qualité est heureusement supérieur à celui des réponses qui ont perdu en précision.

FIGURE 4 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LA COMPARAISON ENTRE LE Q1 ET LE Q2

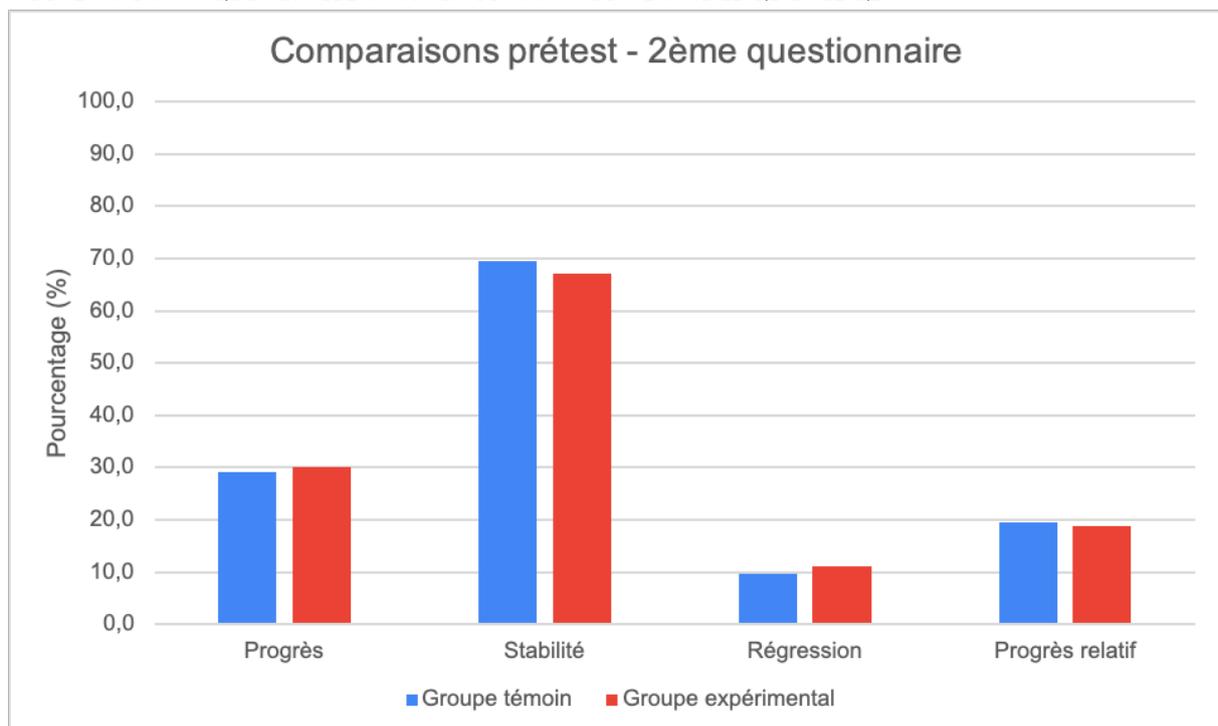


FIGURE 5 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LA COMPARAISON ENTRE LE Q1 ET LE Q3

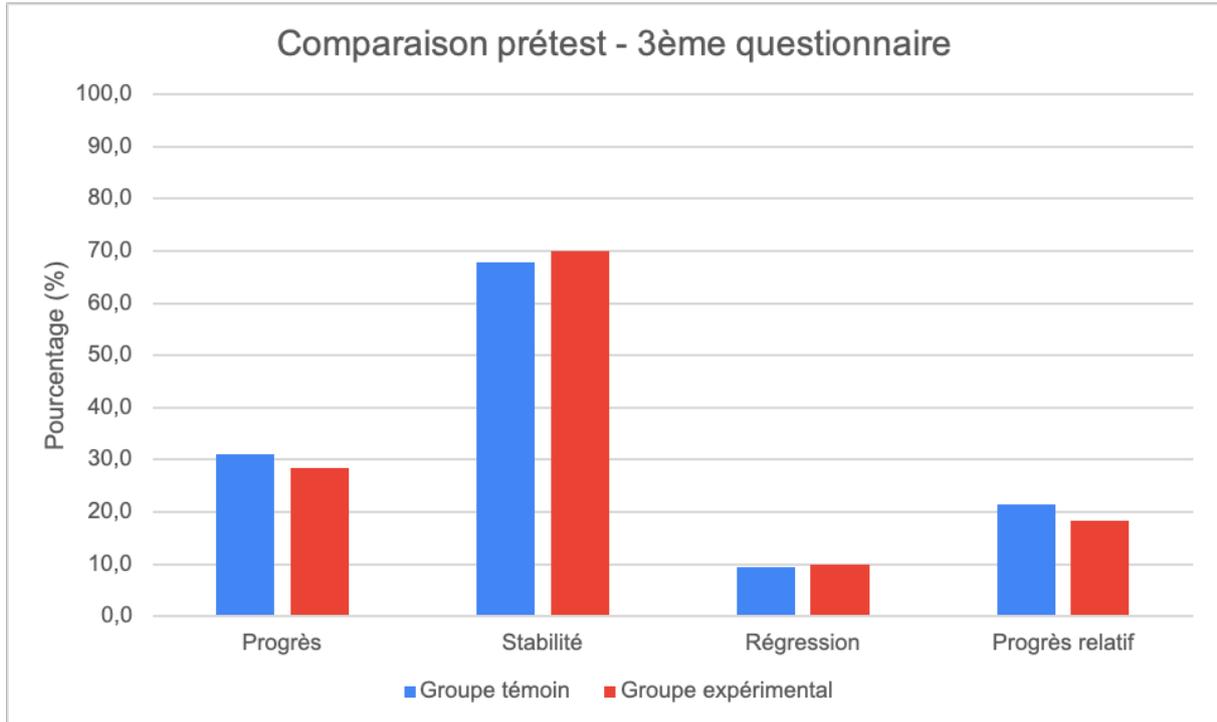
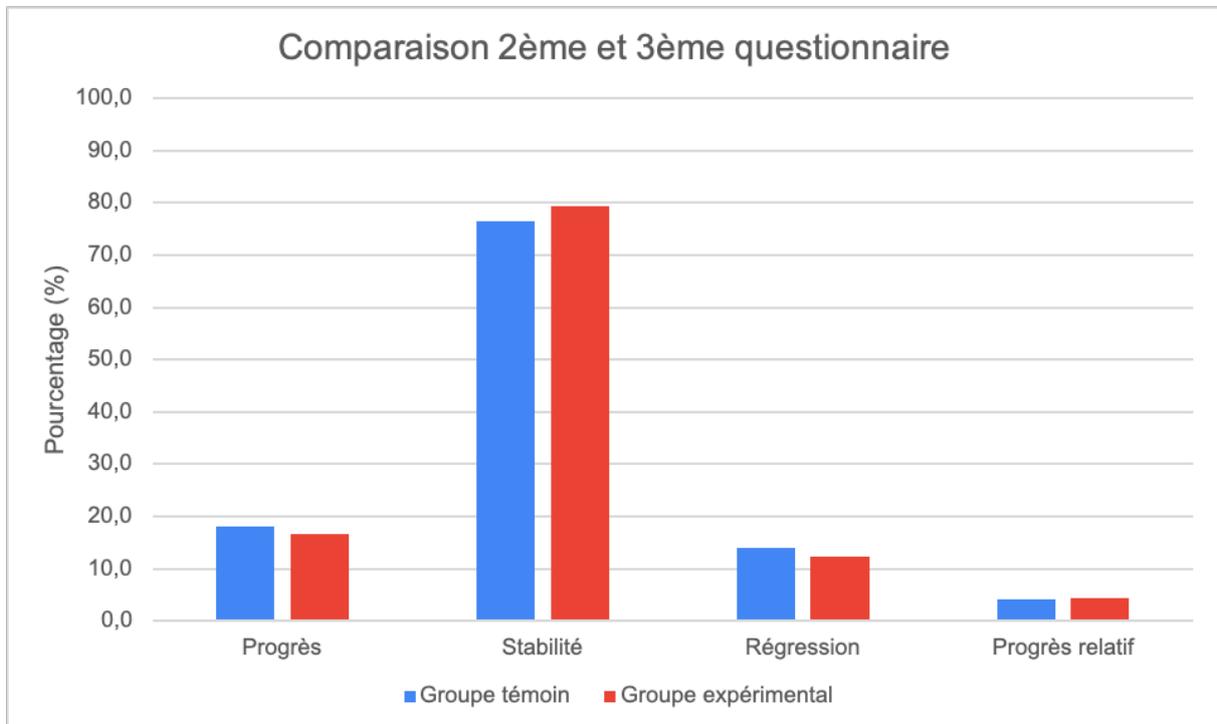


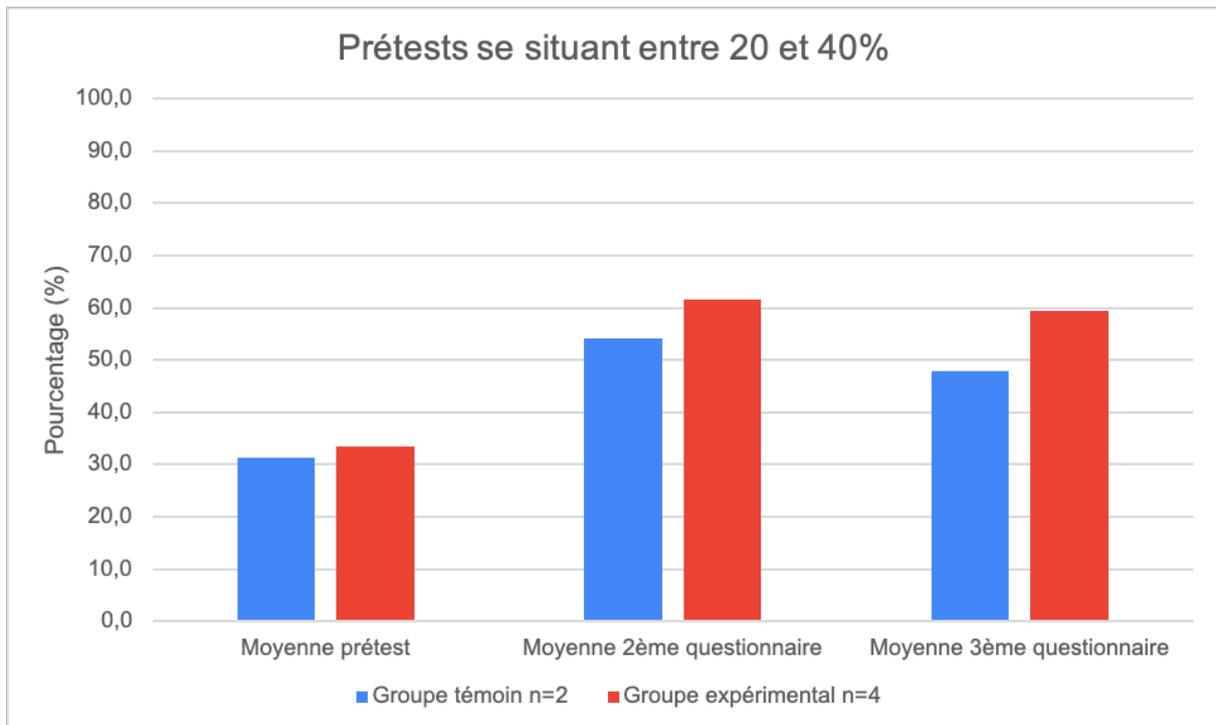
FIGURE 6 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LA COMPARAISON ENTRE LE Q2 ET LE Q3



3.2.3 ÉVOLUTION SELON LE TAUX DE RÉUSSITE DU Q1 POUR L'EJ

Aucun taux de réussite inférieur à 29% ou supérieur à 71% au Q1 n'a été observé. Nous désirons au travers de cette analyse déterminer si les deux méthodes ont un impact différent sur l'évolution des conceptions en fonction du taux de réussite au Q1. Trois groupes ont donc été formés. Il n'est raisonnablement pas possible d'en créer davantage, l'échantillonnage ne le permet pas.

FIGURE 7 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LA MOYENNE DES QUESTIONNAIRES DONT LE Q1 SE SITUE ENTRE 20 ET 40%



Pour les élèves se situant entre 20 et 40% lors du Q1 (Figure 7), la progression est légèrement supérieure dans le GE. On observe une baisse dans le GT lors du Q3.

Pour les élèves se situant entre 40 et 60% lors du Q1 (Figure 8), les deux groupes partent avec un pourcentage proche et s'il y a progrès pour les deux groupes, les élèves du GT atteignent un score moyen nettement plus élevé.

Pour les élèves se situant entre 60 et 80 % lors du Q1 (Figure 9), on constate également que les deux groupes ont un score proche au Q1. Au Q2, le GT progresse davantage, cependant au Q3, le GT atteint un score proche de 56%, se faisant dépasser par le GE de la Figure 7.

Ainsi, la méthode d'enseignement du GT semble avoir de l'effet principalement sur les conceptions des élèves dont le score au Q1 se situe entre 40 et 60%. Elle a également un impact raisonnable sur ceux qui ont eu entre 20 et 40% au Q1. Cependant, pour ce deuxième groupe, on constate une légère baisse au Q3. Quant aux élèves ayant obtenu entre 60 et 80%, la chute au Q3 est surprenante.

FIGURE 8 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LA MOYENNE DES QUESTIONNAIRES DONT LE Q1 SE SITUE ENTRE 40 ET 60%

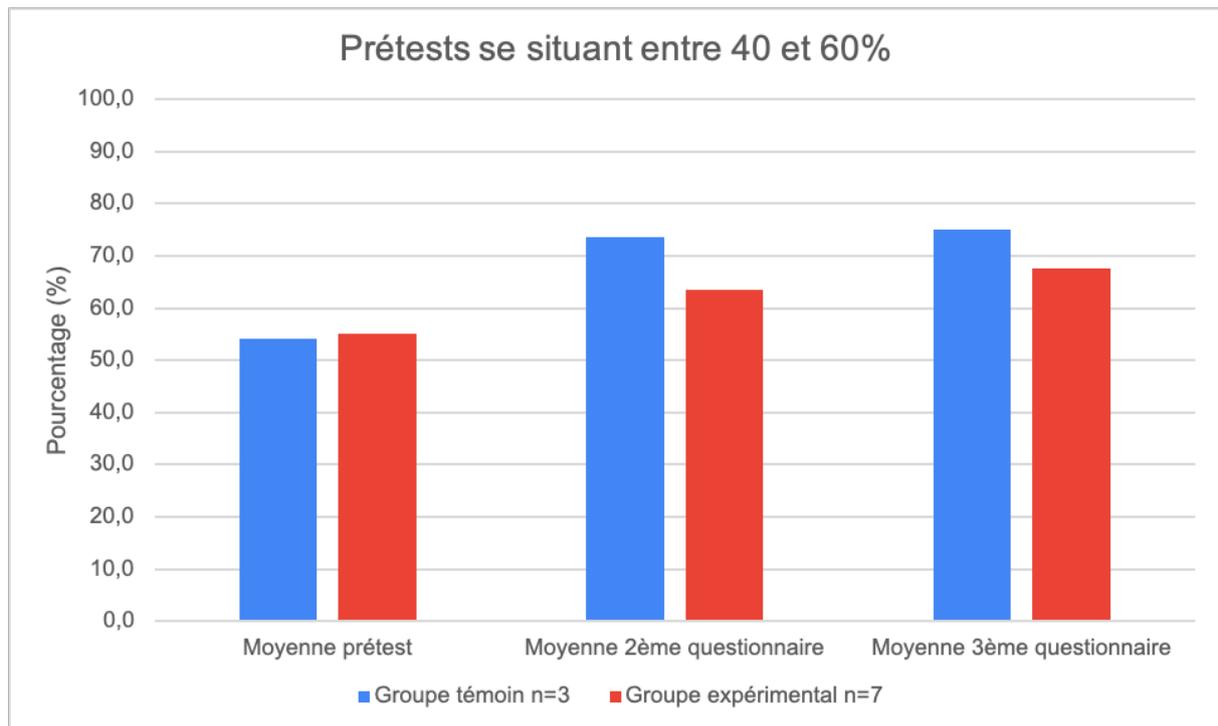
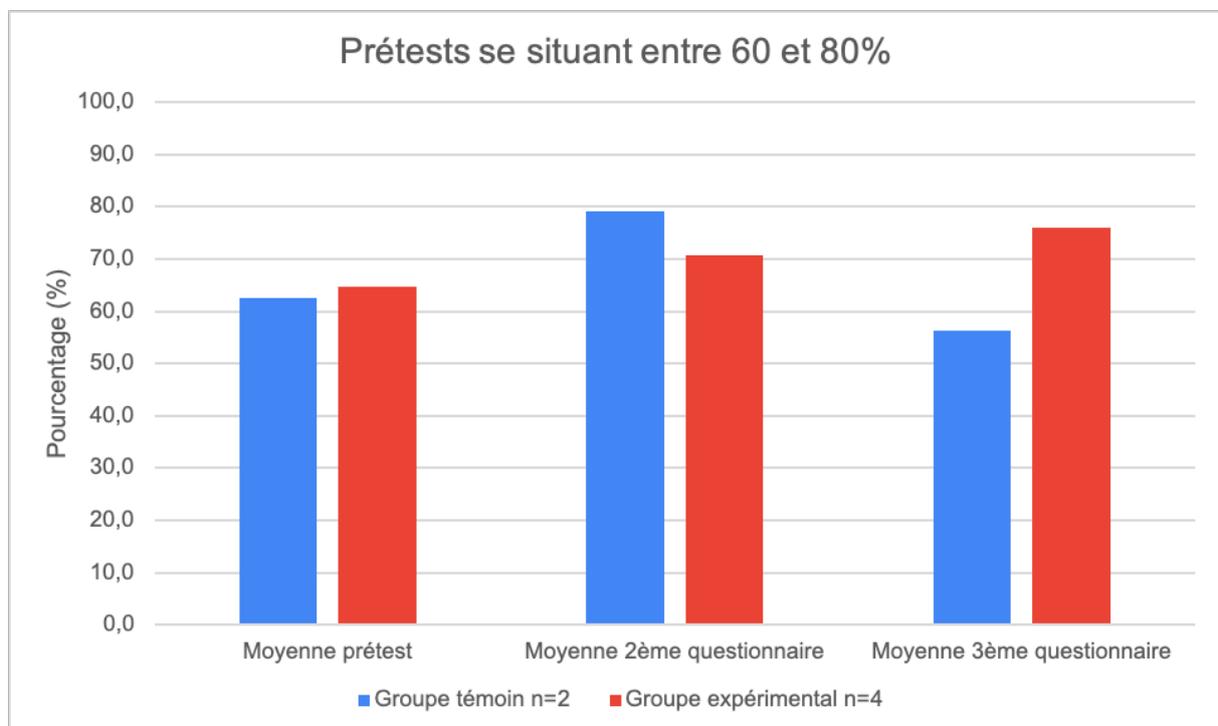


FIGURE 9 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LA MOYENNE DES QUESTIONNAIRES DONT LE Q1 SE SITUE ENTRE 60 ET 80%



La DE paraît avoir de l'effet principalement sur les élèves dont le score se situe entre 60 et 80% et entre 20 et 40%. L'effet est faible pour les élèves ayant eu entre 40 et 60%. Pour l'ensemble des groupes du GE, la moyenne des scores du Q3 est légèrement supérieure ou égale à celle du Q2.

Il serait intéressant de passer un quatrième questionnaire ultérieurement, afin de voir si ces tendances sont confirmées. Cependant, ce n'était pas dans les buts de ce travail. Il serait aussi bien de pouvoir faire cette recherche sur un plus grand échantillonnage. Nous aurions ainsi pu voir si le niveau du questionnaire dans les groupes baissait avec le temps ou s'il trouvait stabilité.

Le recul du score pour le GT des Figures 7 et 9 pourrait peut-être s'expliquer par le fait que le même enseignement a été dispensé à l'ensemble des élèves, celui-ci convient probablement mieux au niveau du rythme aux élèves du groupe moyen.

3.2.4 ÉVOLUTION DANS LE GROUPE EXPÉRIMENTAL SELON LES CONCEPTIONS TRAVAILLÉES

Pour la DE, les élèves ont choisi, par groupe, quelle situation du questionnaire ils désiraient travailler. Ils en ont choisi une pour laquelle ils n'étaient pas d'accord sur la réponse à donner. Ils n'ont œuvré explicitement que sur quelques conceptions, rarement plus que trois ou quatre. Toutefois, au travers de leurs DE, il est possible qu'ils aient travaillé d'autres conceptions, mais celles-là n'ont pas été clairement exprimées dans leur hypothèse. Une fois leur première DE finie, les élèves en commençaient généralement une nouvelle à partir des questions ayant émergées de la première. Bien qu'en prenant tous des chemins différents et en ne travaillant pas sur l'ensemble des conceptions, la plupart des groupes sont arrivés à la notion de masse volumique ou de poussée d'Archimède – au principe physique, donc, mais certains sont aussi arrivés aux formules de la masse volumique⁸ – en suivant leurs démarches.

Tous les groupes ont présenté leur première DE à la classe, il y a eu débat avec la classe (Cf. méthodologie). Il y a donc trois grands groupes : les conceptions travaillées en classe, celles discutées en exposé et les conceptions restantes. En divisant la classe en fonction des conceptions travaillées en groupe, nous obtenons trois groupes de conceptions travaillées différents. Après avoir fait la moyenne des points effectués par les élèves de chacun ces trois groupes en fonction des deux échelles, nous obtenons ces résultats de la Figure 10.

Sur la Figure 10, les trois premières colonnes sont obtenues grâce à l'EJ, les trois suivantes grâce à l'EP et les trois dernières sont simplement obtenues par :

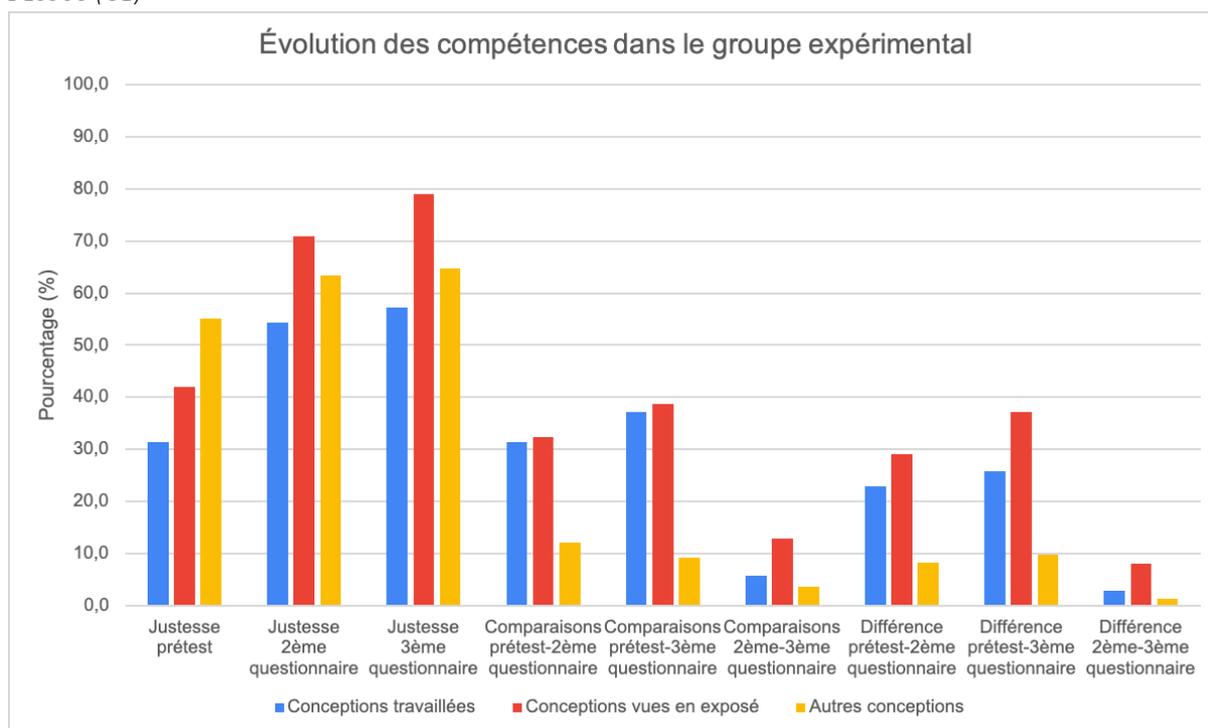
$$\textit{Différence entre quest a et b} = \textit{Justesse b} - \textit{Justesse a}$$

Sur ce graphique, plusieurs faits peuvent paraître évidents :

- Étonnamment, les élèves ont choisi de travailler les compétences où ils étaient le plus faibles et peut-être les moins sûrs d'eux-mêmes.
- Les conceptions présentées à la classe étaient intermédiaires.
- Les conceptions non travaillées par conséquent étaient les plus acquises (même si on n'en reste qu'à un score de 55%).

⁸ Pour la poussée d'Archimède, aucun groupe n'a trouvé de formule.

FIGURE 10 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES COMPÉTENCES EN FONCTION DU TRAVAIL EFFECTUÉ DESSUS (GE)



Comme espéré, les compétences travaillées doublent presque dans leur amélioration. Il est surprenant de constater que l'évolution des conceptions discutées lors des exposés est tout autant grande, alors que les élèves n'ont même pas travaillé par une DE ces conceptions. Elles sont mêmes celles qui évoluent le plus entre le Q2 et le Q3, or pendant cette période, les élèves ont travaillé sur une autre séquence.

Sans surprise, les conceptions peu travaillées en classe n'enregistrent qu'une faible hausse.

Tout cela semble nous indiquer que le fait de faire des exposés pour conclure les DE est loin d'être un moment perdu, ce serait même le plus intéressant, car bien que les élèves n'aient pas fait eux-mêmes la démarche et les expériences les accompagnant, la force de persuasion de ce moment est décisif.

3.3 ANALYSE LOCALE DES EXPOSÉS

Après avoir ainsi analysé sur plusieurs niveaux l'ensemble des questionnaires, nous voici rendu dans une analyse plus locale, bien que comparant toujours évidemment les résultats du GT au GE.

En effet, si l'évolution des conceptions semble globalement proche entre le GT et le GE, il est intéressant de regarder si celle-ci est proche également pour chacune des questions, ou si, au contraire, les deux méthodes d'enseignement pourraient avoir des effets différents selon les thèmes et le genre de conception. Rappelons-le, il y a trois types de questions dans le questionnaire : trois définitions, deux portant sur l'expérimentation et sept sur les conceptions. Les questions de définition peuvent tout autant relever d'un apprentissage par cœur ou d'une conception. Évidemment, plus le temps écoulé depuis l'enseignement de la séquence est grand, plus la conception risque de se révéler.

Nous allons donc regarder, question par question, quels progrès sont constatés. Les graphiques seront tous construits de la même manière : les trois premières colonnes sont obtenues grâce à l'EJ, les trois suivantes grâce à l'EP. La forme de ces diagrammes est légèrement différente de ceux que nous avons eu jusqu'à maintenant, car désormais il y a parfois des données négatives. En effet, si dans le global, pour la plupart des analyses, les résultats étaient positifs, ce ne sera pas forcément le cas pour cette section.

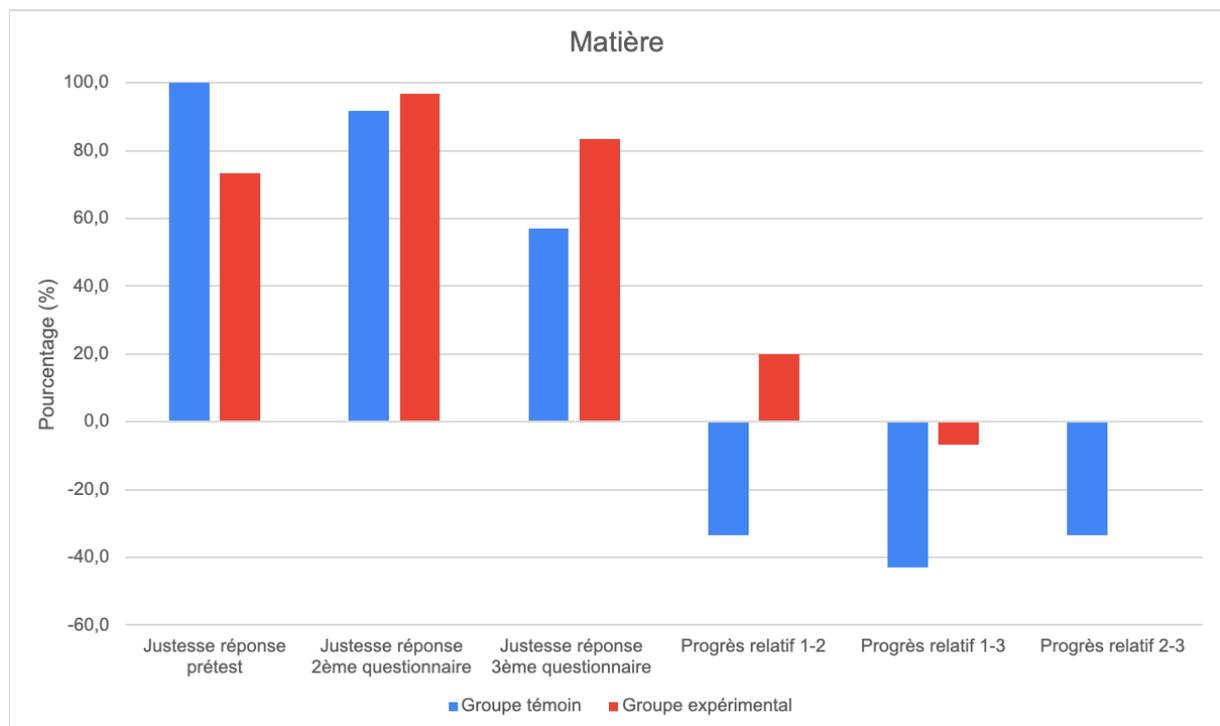
Pour chacune de ces questions, les diagrammes représentant la synthèse des réponses données par les élèves à chaque questionnaire se trouvent dans l'annexe 9, le questionnaire lui-même se trouve dans l'annexe 1.

3.3.1 DÉFINITION DE LA MATIÈRE

Une définition pouvant être attendue pour la matière est : « toute chose qui pèse est de la matière ». Toutes les définitions similaires sont considérées comme justes, c'est-à-dire, toutes celles qui passent par la masse, le poids, ...

Nous avons donc les données que nous obtenons pour la définition de la matière à la Figure 11.

FIGURE 11 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR LA DÉFINITION DE LA MATIÈRE

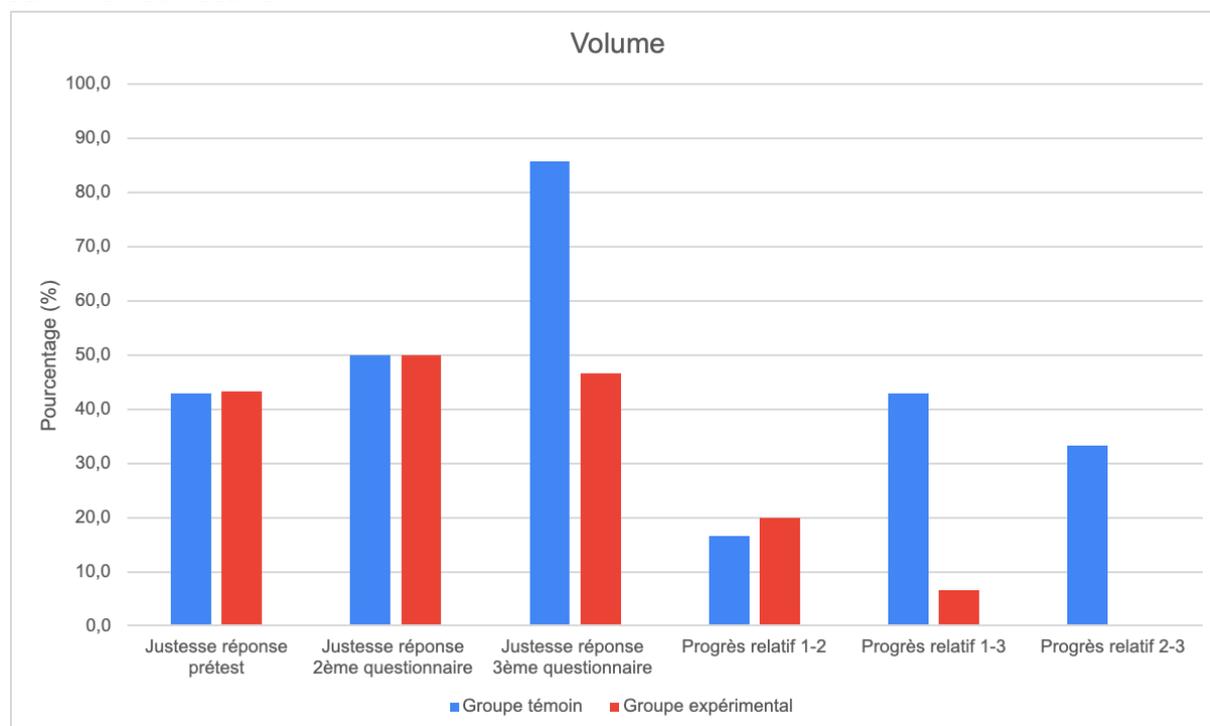


L'écart entre les deux groupes au Q1 est impressionnant, au Q2, ils sont quasiment à égalité. Au troisième, les tendances s'inversent. Sur cette question, nous remarquons que le GE l'emporte. Toutefois, notons que sur l'EJ, le GT ne pouvait pas progresser, vu qu'il partait à 100%. Remarquons aussi que s'il y a une baisse entre le Q2 et le Q3 pour le GE, le « Progrès relatif 2-3 » lui est neutre, ce résultat peut être surprenant. Cela signifie que l'ensemble des réponses n'a pas perdu en qualité, par contre il y a une baisse au niveau de l'EJ. Nous verrons d'autres exemples de cette situation.

3.3.2 DÉFINITION DU VOLUME

Le volume se définit par « espace occupé par la matière ». Toute réponse correspondant à cette définition sera considérée comme juste.

FIGURE 12 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR LA DÉFINITION DU VOLUME



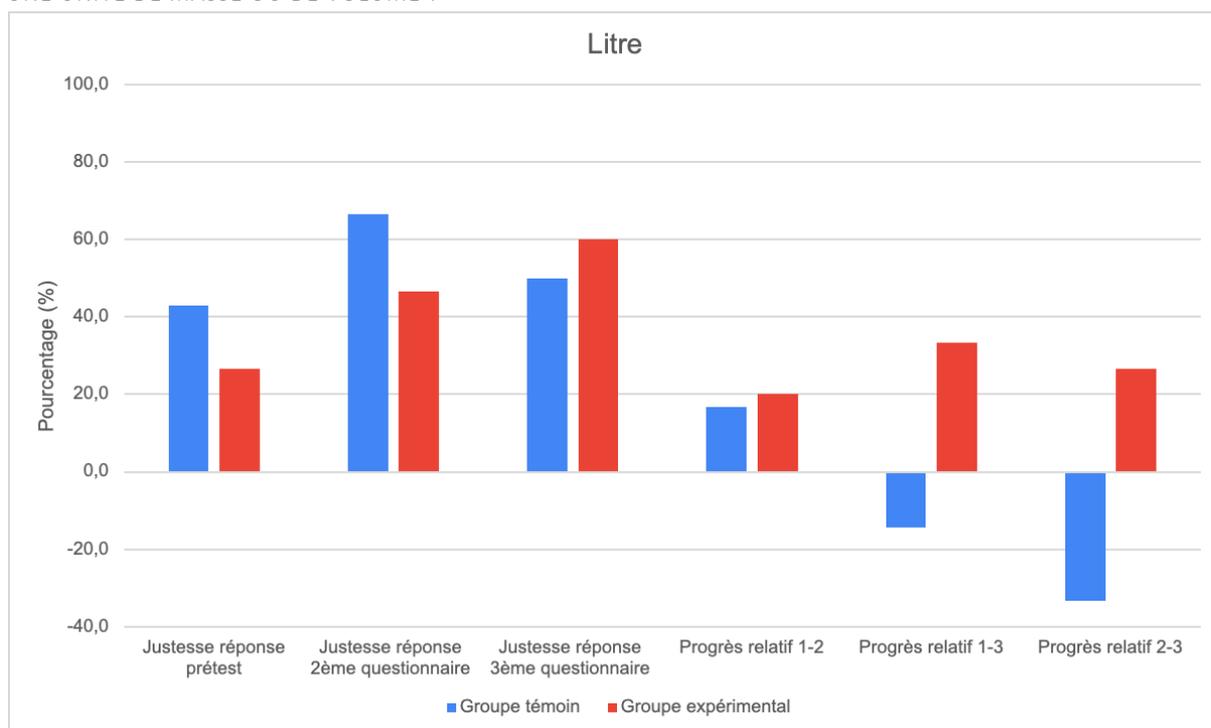
Des trois définitions, c'est celle-là qui obtient le score le plus bas au Q1. Cela n'a rien de surprenant, car la séquence enseignée juste avant le Q1 portait sur la masse et la caractérisation de la matière. Nous avons donc fait plusieurs activités autour de la matière et de la masse, mais peu autour du volume.

Si pour le Q1 et le Q2, le GT et le GE sont au coude à coude, le GT augmente drastiquement son score au Q3, alors que le GE lui est en légère baisse. Pour le GE, cela s'explique facilement, il n'y a pas eu de travail particulier sur le volume, pour le GT, il y a eu discussion sur la notion de volume. C'est donc ici le GT qui l'emporte.

3.3.3 LE LITRE, UNE UNITÉ DE MASSE OU DE VOLUME ?

Il s'agit évidemment d'une unité de volume, cependant pour les élèves ce n'est pas si simple. En effet, dans la vie courante, on parle souvent de litre d'eau et pour la plupart, ils savent qu'un litre d'eau a une masse d'un kilogramme. Cependant ce mot « a » est souvent remplacé par un égal. Plusieurs élèves dans les questionnaires ont justifié leur réponse par « 1 litre d'eau = 1 kg », d'autres ont directement mis « 1L=1kg ». Au Q1, sur l'ensemble des élèves, 10 avaient utilisé l'exemple de l'eau pour justifier leur réponse, ce qui les a rarement menés vers le juste.

FIGURE 13 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR "LE LITRE, UNE UNITÉ DE MASSE OU DE VOLUME ?"



Le GT a de meilleurs résultats que le GE jusqu'au Q3, cependant, pour celui-ci, il est en baisse notable, encore plus dans la qualité des réponses si l'on regarde le « Progrès relatif 2-3 ». On voit que le « Progrès 1-3 » est négatif, alors que si on compare le score du Q3 au Q1, il est légèrement supérieur. Cela signifie que les réponses, bien que perdant en qualité, ont continué d'être considérées comme globalement justes. Ainsi il y a baisse du progrès relatif, mais amélioration au niveau du taux de réussite du Q3. Petite parenthèse : cela peut amener un questionnement sur le côté arbitraire de ce qu'est « une réponse juste ou fausse ». Un élève pourrait avoir un niveau de qualité des réponses moins bon qu'un autre, mais avec une note plus élevée.

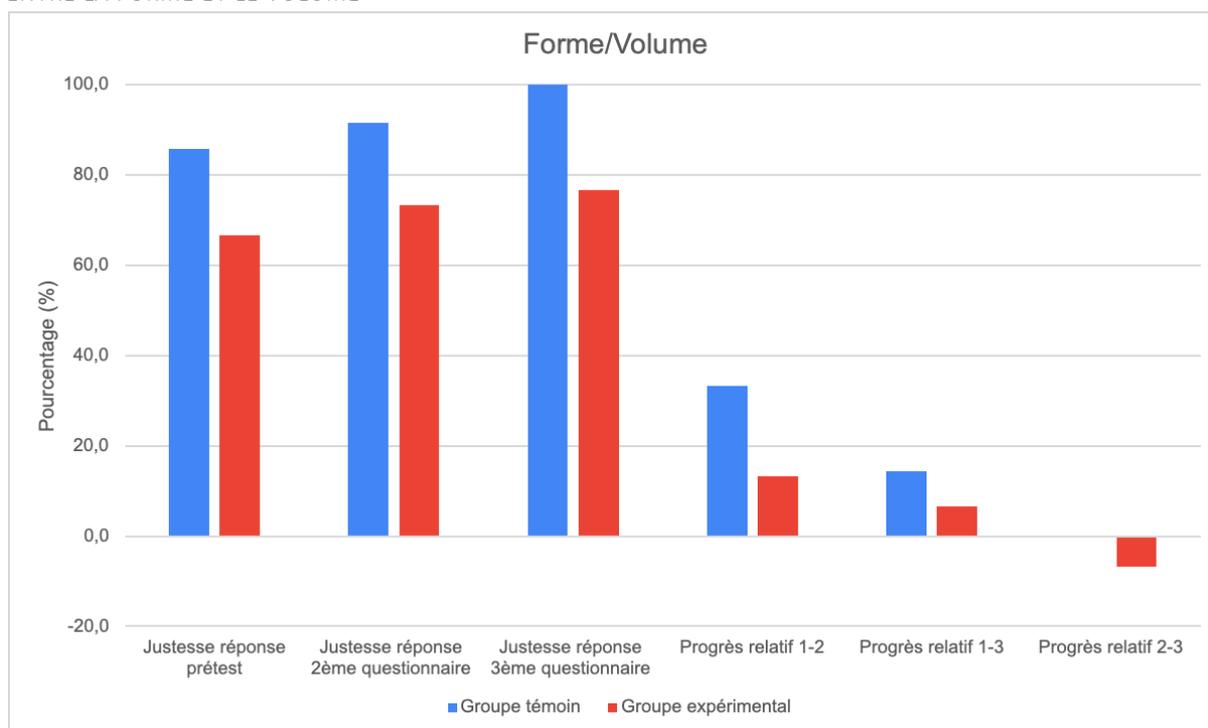
Quant au GE, il progresse de questionnaire en questionnaire. Il finit avec 10% de plus au Q3 que le GT. Plusieurs élèves ont travaillé cette question dans une DE, elle a donc été présentée en exposé.

3.3.4 CONFUSION ENTRE LA FORME ET LE VOLUME

Comme dit dans la partie sur la définition du volume, celui-ci est considéré comme « l'espace occupé par la matière ».

Dans la Figure 14, précisons que c'est l'absence de confusion qui est représentée. Le GE a quasiment 20% de moins que le GT au Q1. Cet écart demeure et s'agrandit même légèrement au Q3. Seul un groupe a choisi de travailler sur cette question. Il n'y a pas eu d'exposé. Cette conception fait donc partie des « Autres conceptions » de la Figure 10 pour quatre groupes sur cinq. Cela peut expliquer la maigre évolution. Pour le GT, il y a une grande progression dans la qualité des réponses au Q2 (Progrès relatif 1-2). Le GT l'emporte sur cette conception.

FIGURE 14 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR "CONFUSION ENTRE LA FORME ET LE VOLUME"



3.3.5 LE VOLUME PAR IMMERSION

Nous parlons de « volume par immersion » ou de « volume par déplacement d'eau » lorsque, pour déterminer le volume d'un solide, nous le plongeons dans un liquide⁹ et regardons le déplacement d'eau. J'ai une préférence pour « Volume par immersion », car si généralement nous utilisons de l'eau, nous pourrions utiliser d'autres matières.

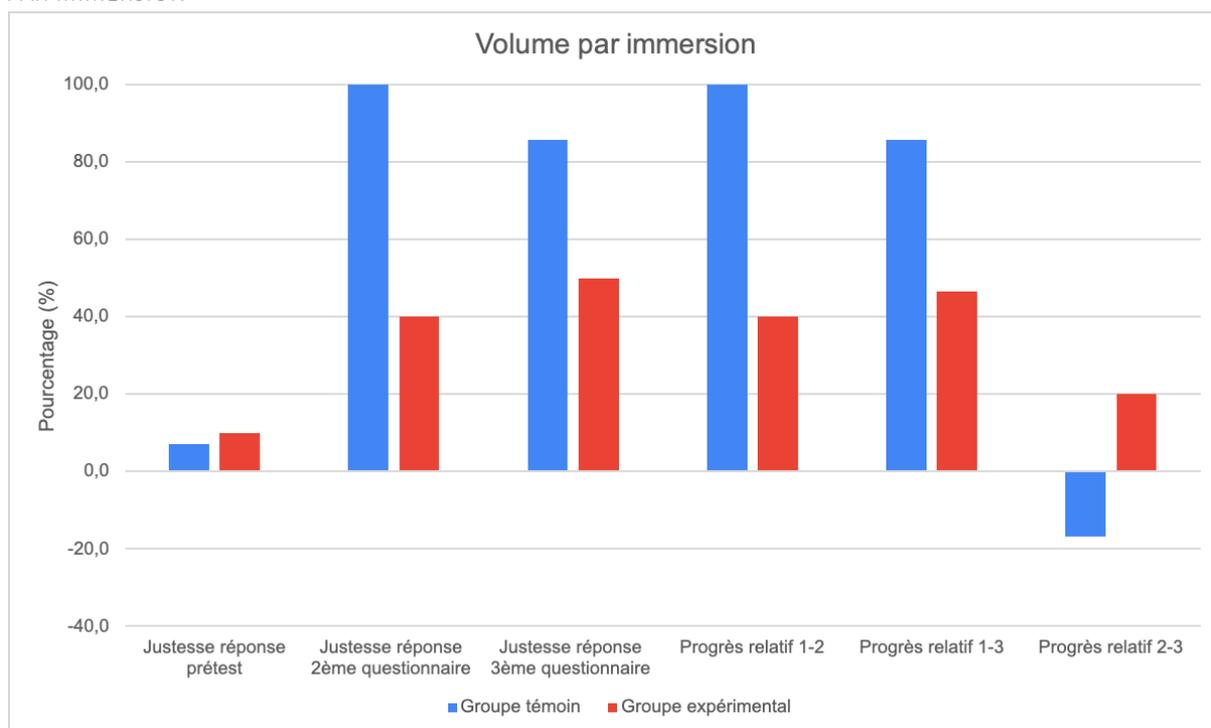
Dans le questionnaire, les élèves avaient une photo d'une pierre et ils devaient dire comment ils calculeraient le volume de celle-ci.

La réponse attendue était par déplacement d'eau ou une réponse similaire. Cependant, j'ai tout de même compté comme juste les élèves qui passaient par la masse volumique, considérant cela comme une application de ce qui avait été vu en classe. J'ai également accordé un demi-point à « je le calculerais comme pour un prisme droit », considérant qu'on pouvait au moins ainsi, obtenir une estimation du volume et que donc, cette réponse est préférable à « je ne sais pas ».

À la Figure 15, le constat est clair, si un élève n'a pas utilisé ce procédé dans une de ses expériences, il ne le saura pas. Tous les élèves du GT ont fait au moins une expérience qui utilisait le déplacement d'eau. Seul une partie des groupes du GE ont utilisé cette méthode. Pour certains, cela ne s'est jamais révélé utile dans leurs DE.

⁹ En général, bien que l'on puisse utiliser du sable très fin par exemple.

FIGURE 15 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR LE VOLUME PAR IMMERSION



3.3.6 L'HUILE EST-ELLE PLUS LÉGÈRE QUE L'EAU ?

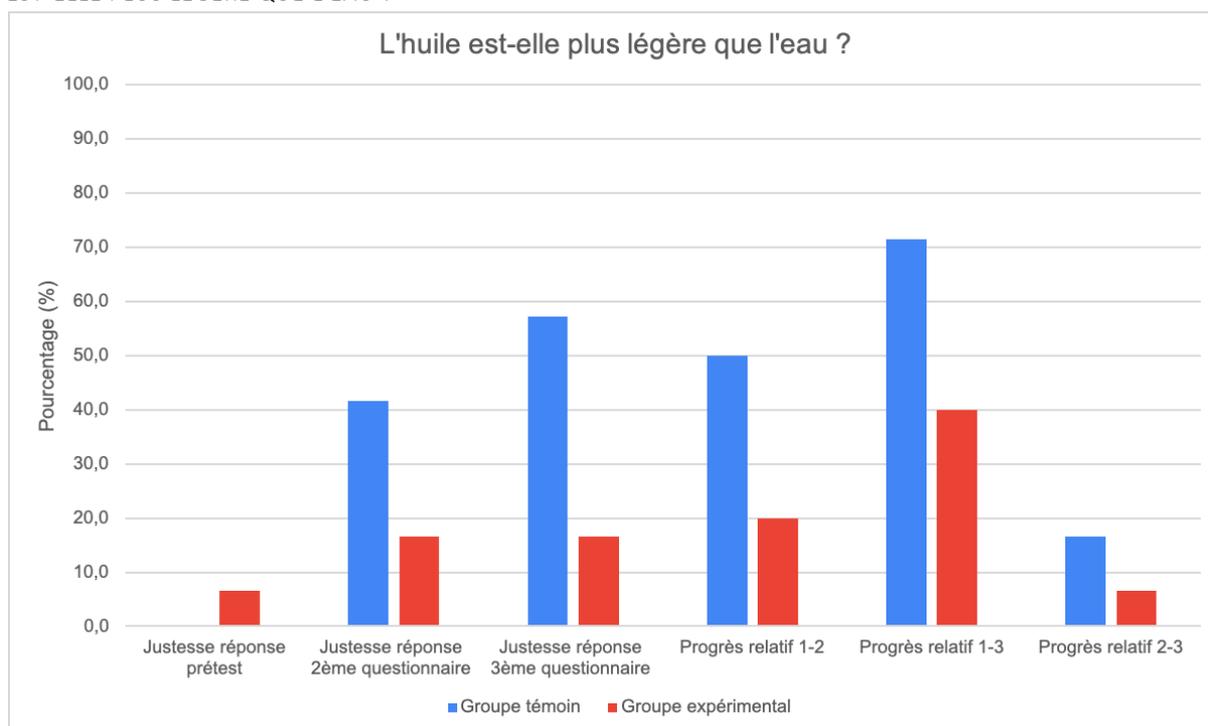
Nous touchons ici à une conception largement répandue dans la vie quotidienne. Comme Potvin (2018, p.347) l'explique, les conceptions dépendent du contexte, ainsi hors du milieu scientifique et de l'enseignement, nous utilisons aussi des expressions appelant à d'autres conceptions, telle « qu'un lever de soleil » ou encore peut-être, que « les plumes sont plus légères que le plomb. » Ainsi, beaucoup d'élèves « savent » depuis longtemps que « l'huile est plus légère que l'eau ». Certains en comprennent tout de même la réalité scientifique, nous en parlerons à la prochaine situation, d'autres pourront parler de masse volumique sans en avoir compris le réel sens physique.

La réponse attendue est que la masse volumique de l'huile est plus faible que celle de l'eau, ou autrement dit : pour un même volume, la masse de l'huile est plus petite que celle de l'eau.

À la Figure 16, le constat est clair, pour cette question, la méthode d'enseignement du GE n'a pas eu de grands effets. Le GT a largement mieux acquis la notion et pourtant, le taux d'acquisition ne dépasse pas les 60%.

On voit cependant un grand progrès relatif entre le Q1 et le Q3 pour le GE, bien plus grand qu'entre le Q1 et le Q2, alors que le taux de justesse lui est le même entre le Q2 et le Q3. Comment l'expliquer ? Il se trouve que plusieurs élèves étaient persuadés que l'huile flottait sur l'eau parce qu'elle était grasse (à cause de sa texture). Nous avons donc dû faire une DE pour invalider cette hypothèse, qui du coup, a été remplacée par « l'huile flotte parce qu'elle est plus légère que l'eau », il y a donc eu nouvelle conception, toujours incorrecte, mais plus proche cependant de la réalité.

FIGURE 16 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR " L'HUILE EST-ELLE PLUS LÉGÈRE QUE L'EAU ?"



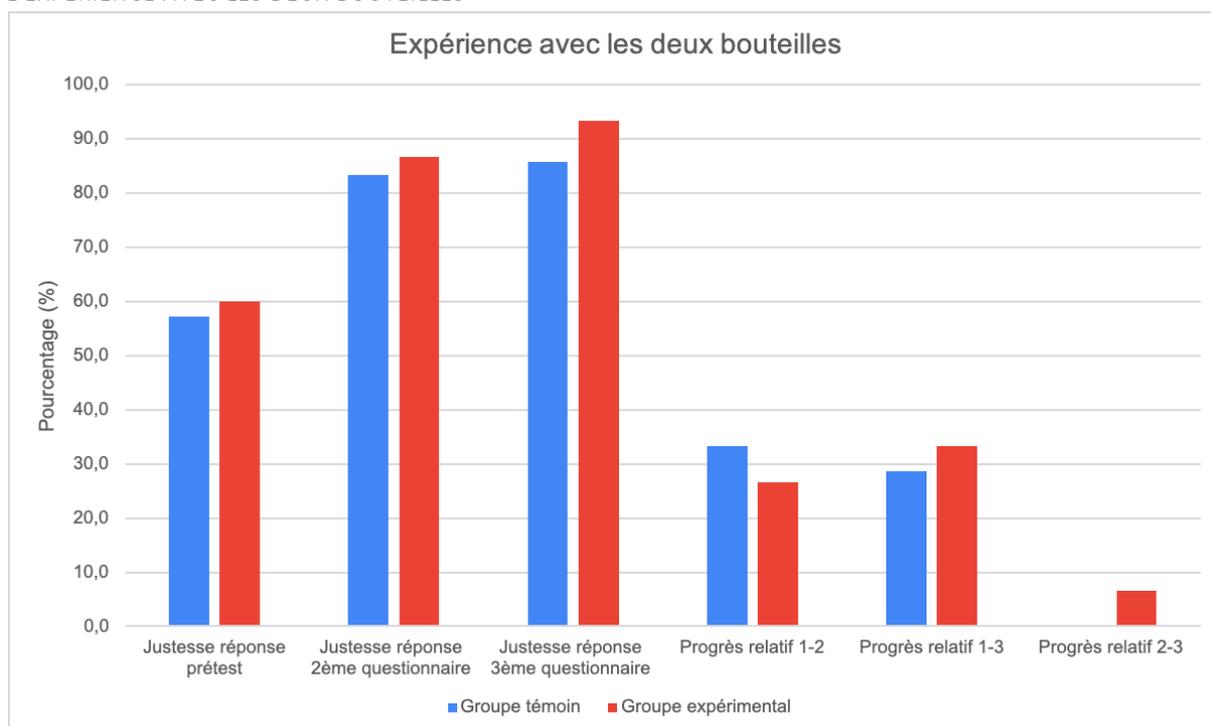
En travaillant sur les conceptions, nous avons pris le temps d'en confronter une bien ancrée, qui aurait pu ressortir plus tard. Car le fait de voir l'huile flotter sur l'eau n'était pas du tout une preuve tendant à la masse volumique pour ces élèves, ils ont donc dû créer une expérience témoin.

Dans les réponses qui ont dû être comptées comme partiellement juste, il y avait « l'huile est plus dense ». Dommage car l'idée de base est bonne. Je suppose que ces élèves ont compris le principe de densité, mais pas exactement ce que voulait dire « être plus dense que ». Peut-être qu'en vrai ils avaient réellement compris, mais se sont trompés dans le vocabulaire, voici ce que je suppose, puisqu'en général ils proposaient une expérience cohérente pour l'expérience avec les deux bouteilles.

3.3.7 L'EXPÉRIENCE DES DEUX BOUTEILLES

Vient donc la situation en lien avec la question précédente. Dans la Figure 17, il y a peu de différence entre les deux groupes, alors qu'à la Figure 16, la différence est flagrante. Le taux de justesse du GE est même ici légèrement supérieur. Nous pouvons tout d'abord noter qu'il est tout à fait possible de proposer une expérience cohérente nous donnant le résultat désiré tout en ayant la conception « l'huile est plus légère que l'eau ». Par contre avec la conception « l'huile flotte parce qu'elle est plus grasse », il est nettement moins aisé d'en proposer une convenable. Certaines conceptions peuvent donc apporter plus de complications que d'autres.

FIGURE 17 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR L'EXPÉRIENCE AVEC LES DEUX BOUTEILLES



3.3.8 VARIATION DE LA MASSE

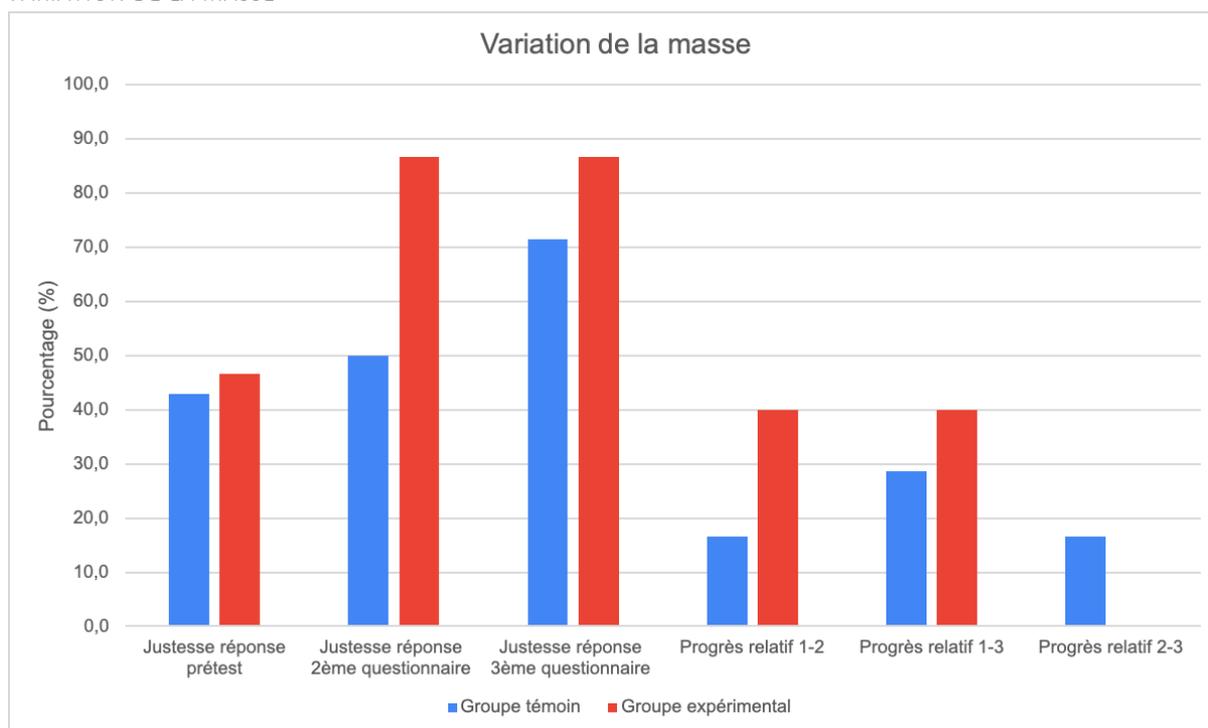
C'est une des maximes les plus célèbres : « rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ». Elle n'est pas si évidente pour les élèves, bien que ce sujet ait déjà été un peu traité dans la séquence précédant le Q1. Ce n'est pas le moment de parler du lien entre la matière et l'énergie... Restons-en ici à des transformations physiques.

Pour être honnête, ayant fait cette expérience en classe (annexe 1), il faut que le verre soit fermé pour qu'il n'y ait pas de différence de masse entre avant et après la fonte des glaçons, sinon la masse... augmente ! En effet, le verre et son contenant étant plus froids que l'air ambiant, il y a condensation autour du verre et dedans également, de l'humidité ambiante vient donc s'ajouter au liquide déjà présent dans le verre.

Sur la Figure 18, le GE l'emporte de 15% sur le GT. Le taux de justesse de ce premier double presque entre le Q1 et le Q2. Cela n'a rien d'étonnant, car deux groupes ont fait leur première DE sur cette situation¹⁰ et ils ont tous les deux fait un exposé devant la classe sur ce sujet. D'ailleurs, ces démarches ont donné l'occasion de parler des erreurs expérimentales, un groupe ayant ajouté de l'eau entre les deux pesées lors de la première prise de mesure. Ce genre d'événement ne s'est plus produit par la suite.

¹⁰ Uniquement sur la question de la masse et non sur celle du volume.

FIGURE 18 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR LA VARIATION DE LA MASSE



3.3.9 VARIATION DU VOLUME

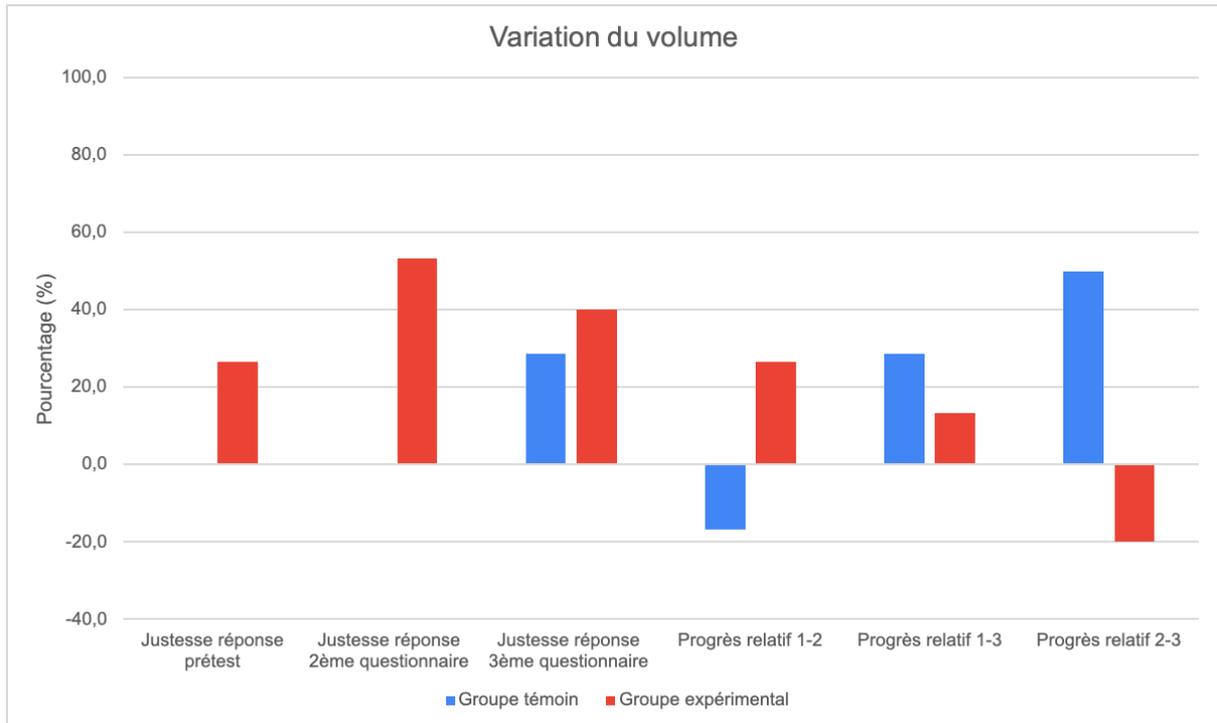
Pour cette question (annexe 1), nous devons parler de la poussée d'Archimède. En effet, en supposant que les glaçons ne sont pas enfoncés dans l'eau par une force extérieure, mais qu'on les laisse flotter, alors la réponse est qu'il n'y a pas de variation de volume. En effet la masse de l'eau déplacée est équivalente à celle des glaçons, donc ceux-ci ne sont pas totalement immergés. Quand ils fondent, il y a une perte de volume équivalente à la partie émergée.

Ce problème est le plus complexe du questionnaire. Comme les élèves n'ont pas étudié la poussée d'Archimède, ils sont tous égaux face à lui. J'ai donc compté comme juste le fait qu'il n'y ait pas de variation de volume.

Nous voyons dans la Figure 19 que cette question n'est effectivement pas évidente pour les élèves. Dans les progrès relatifs, nous prenons en compte l'argumentation des élèves. Par exemple si un élève a dit au Q1 que le niveau augmentait « parce que la glace prend moins de place qu'à l'état liquide », puis au Q2 que le niveau diminuait « parce que la glace prend plus de place qu'à l'état liquide », alors il obtient le point d'amélioration dans l'EP.

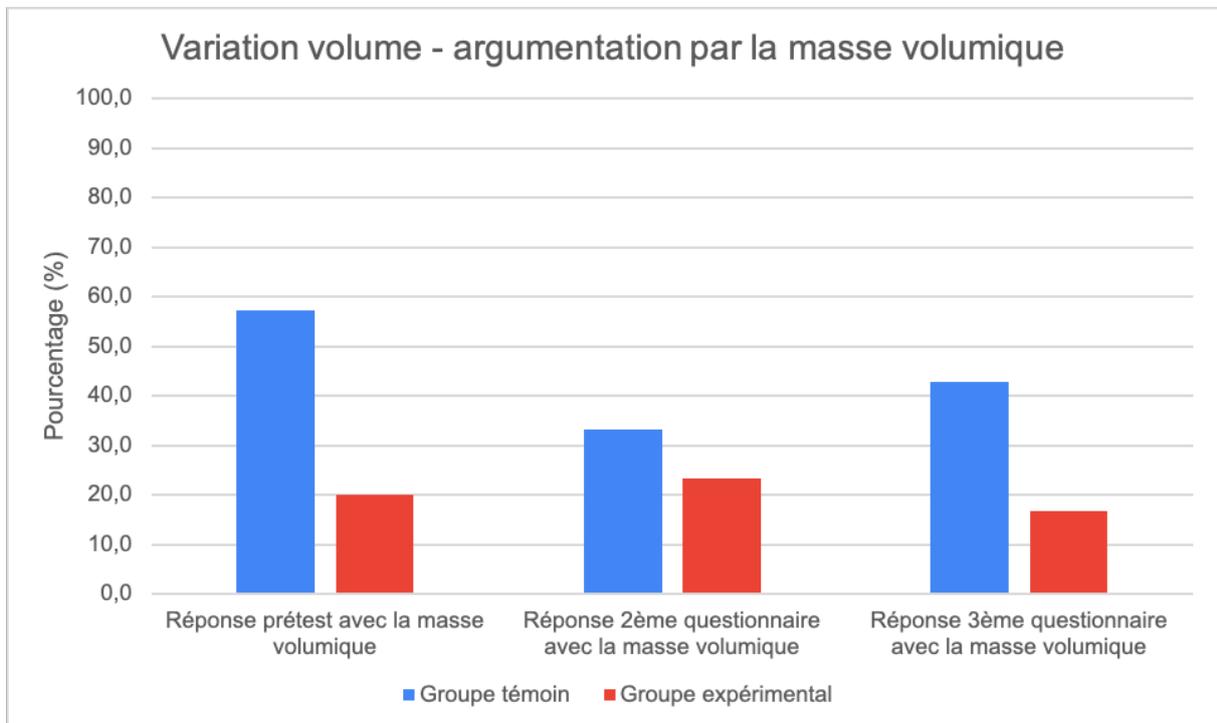
Deux élèves ont donné des justifications s'approchant de la poussée d'Archimède. Ils ont parlé de la pression des glaçons dans l'eau ou du fait que l'eau monte quand on y met des objets, donc qu'il faudrait savoir précisément la quantité d'eau et de glaçons présente.

FIGURE 19 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR LA VARIATION DU VOLUME



Si nous prenons comme réponse de référence « les glaçons prennent plus de place que l'eau », nous obtenons la Figure 20.

FIGURE 20 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR LA VARIATION DU VOLUME, SELON L'ARGUMENTATION PAR LA MASSE VOLUMIQUE DE L'EAU



Nous voyons qu'avant l'enseignement de la séquence, plus de 50% du GT savait que la glace – pour la même masse – prenait plus de place qu'à l'état liquide. On voit après enseignement sur la masse volumique, une baisse dans le GT au Q2.

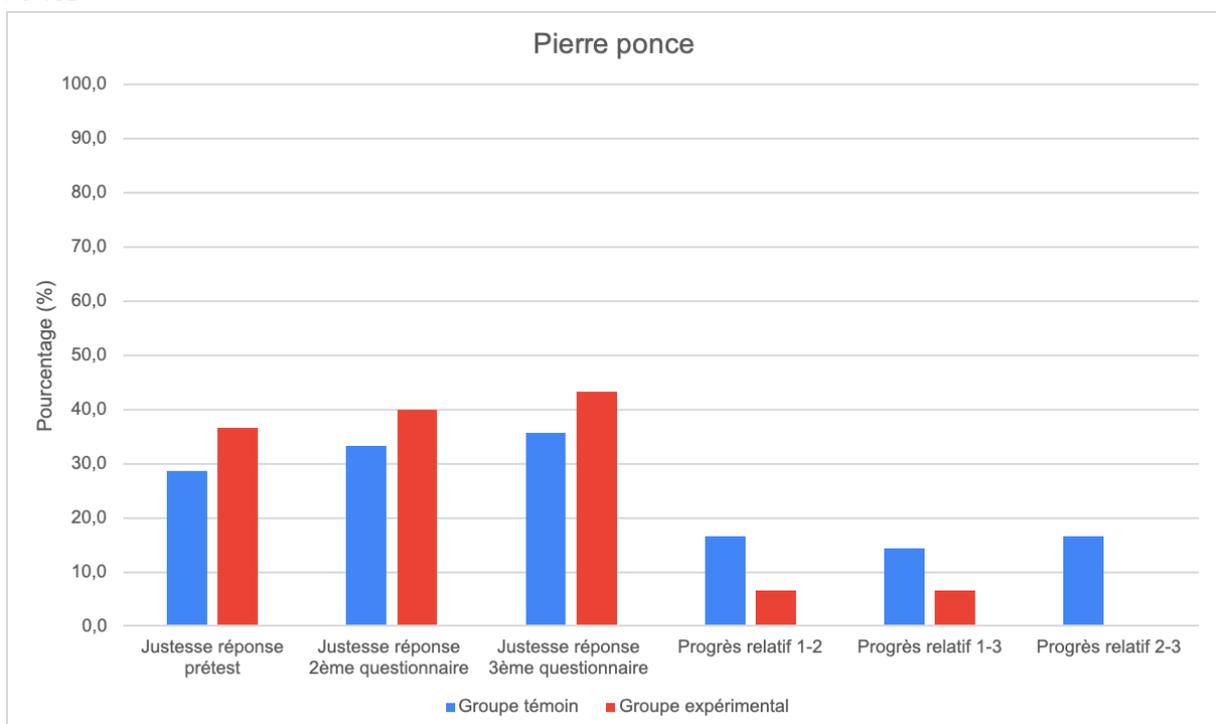
Plusieurs élèves des deux groupes changent leur réponse entre les questionnaires et pensent que la glace prend moins de place que l'eau pour la même masse. Ils n'ont pas forcément tort dans leur manière de penser, car c'est généralement le cas pour la plupart des matières : la matière à l'état solide prend moins de place pour la même masse qu'à l'état liquide. Cela est aussi cohérent avec le modèle moléculaire qui leur a été enseigné. Nous voyons donc qu'une conception est influencée par le modèle enseigné.

3.3.10 LA PIERRE PONCE

Les résultats ici aussi sont éloquentes. Si la pierre ponce flotte, c'est dû à la poussée d'Archimède et aussi à sa masse volumique plus légère que l'eau. Les réponses attendues n'étaient pas liées à la première explication, mais à la masse volumique, vu qu'il s'agissait de la matière enseignée dans la séquence.

Pour la Figure 21, un demi-point était accordé aux réponses : « parce qu'elle est plus légère que l'eau » et « il y a de l'air dans la pierre ».

FIGURE 21 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR LA PIERRE PONCE

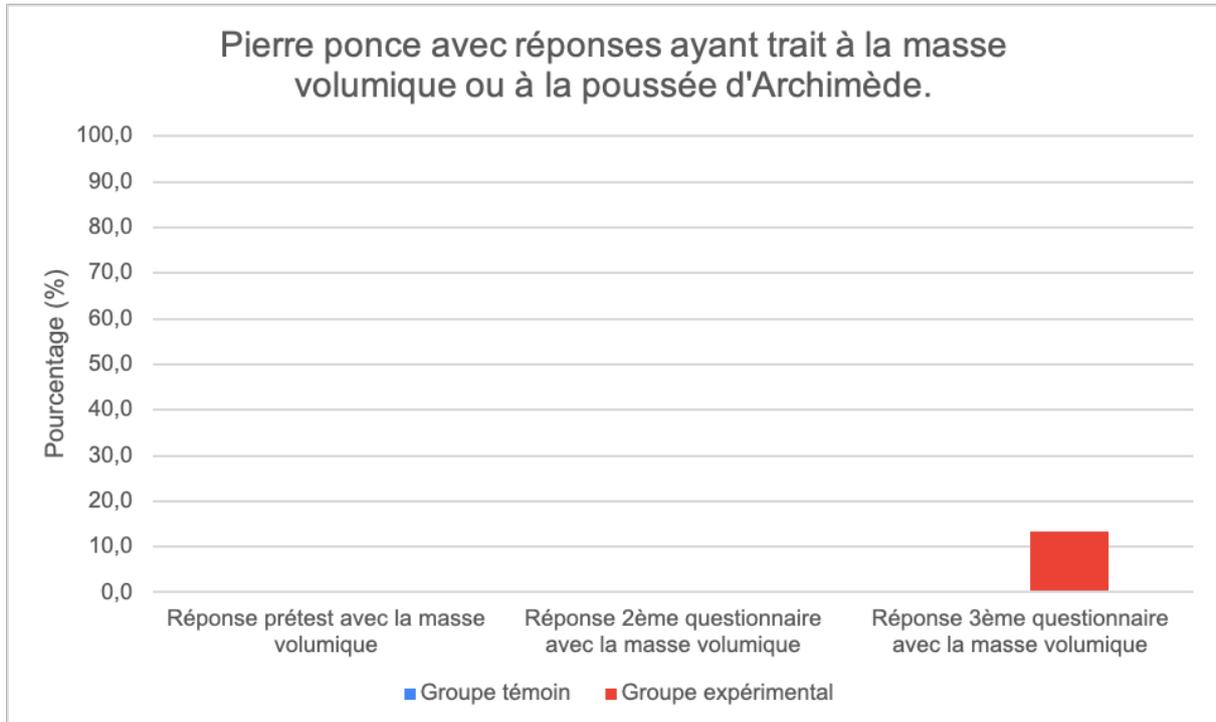


Cette situation n'a été prise par aucun groupe du GE, sans doute parce qu'au final, ils étaient tous d'accord sur les raisons pour lesquelles la pierre flottait. Il n'y a pas toujours confrontation entre les élèves quand une conception est erronée, car il se peut qu'elle soit identique ou proche pour tous.

Parfois les élèves se convainquent entre eux sans passer par l'expérience, cela fait partie des risques d'un enseignement par DE tel qu'il a été pratiqué ici.

Si nous prenons comme justes uniquement les réponses utilisant la masse volumique et/ou la poussée d'Archimède, nous obtenons à la Figure 22 :

FIGURE 22 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR LA PIERRE PONCE – AVEC LA MÊME ÉCHELLE D'ÉVALUATION QUE POUR "HUILE EST-ELLE PLUS LÉGÈRE QUE L'EAU ?"



Ces résultats sont saisissants, seulement deux élèves du GE ont donné des réponses satisfaisantes, un a parlé de la densité des molécules, l'autre du volume d'eau qu'occupait la pierre (Cf. Annexe 9).

Le GE l'emporte, mais c'est une victoire amère. En effet, les deux méthodes semblent avoir été inefficaces sur cette conception.

Il y a également un élève qui a donné cette réponse au Q1 et au Q3 : « Elle est remplie d'air, l'intérieur est vide ». Ce qui nous rappelle comme vu en problématique la possibilité d'avoir des conceptions qui coexistent.

3.3.11 DÉFINITION DE LA MASSE ET SITUATION « L'AIR EST DE LA MATIÈRE »

Il n'y a pas eu d'analyse sur ces deux questions, car les résultats étaient similaires dans les deux groupes. Les graphiques sont consultables dans l'annexe 10.

3.4 DIVERS

Il y a deux élèves dans le GE qui ont des mesures BEP. Pendant l'ensemble de la DE, ils n'ont pas eu besoin de mesure d'adaptation. Ils ont pu s'intégrer sans problème dans leur groupe. Ce serait intéressant de voir si la DE peut être enseignée à des élèves ayant des mesures particulières hors classe. J'ai eu la proposition d'une enseignante spécialisée, cependant je n'ai pas eu le temps de mettre en place une nouvelle DE dans sa classe cette année.

Pendant l'ensemble de la séquence, les différences de rythme ont été effacées. Il n'y avait ni élève à la traîne ou en retard, ni élève trop en avance. L'enseignement par DE permet de s'adapter à chacun.

3.5 RETOUR SUR LES HYPOTHÈSES

En problématique et en méthodologie, trois hypothèses ont été avancées. Nous allons les reprendre une par une :

- 1) les élèves du GT auront de meilleurs résultats au deuxième questionnaire comparativement au prétest que ceux du GE, comme ils auront appris ce qu'il y a à apprendre et vu toute la matière, alors que ceux du deuxième groupe n'auront travaillé que sur certaines de leurs conceptions sur lesquelles ils auront donc progressé. Par-contre, leurs autres conceptions n'auront pas ou peu changé.

Les élèves du GT ont effectivement des résultats globaux légèrement supérieurs à ceux du GE, cependant cette différence reste faible. Les élèves du GE ont incontestablement progressé sur les conceptions qu'ils ont travaillées, mais également tout autant sur celles qui ont été traitées en exposé, ce qui invalide partiellement cette hypothèse. Par contre, les conceptions qui n'ont pas été prises en compte de façon directe dans une DE ou un exposé ont en effet peu évoluées.

- 2) les élèves du GE auront de meilleurs résultats au troisième questionnaire comparativement au premier que ceux du GT, car ils auront travaillé sur leurs conceptions, alors que ceux du deuxième auront appris puis oublié, du moins en partie.

Ce n'est pas ce qui est observé, du moins pas sur l'ensemble de la classe. Si cela peut se remarquer pour les élèves dont le Q1 se situe entre 20 et 40% et entre 60 et 80% de réussite, où il semble y avoir régression au Q3 pour le GT, par contre, on observe que la méthode d'enseignement du GT semble mieux convenir que celle du GE aux élèves avec un score se situant entre 40 et 60% de réussite au Q1. Cette hypothèse n'est donc validée que partiellement.

- 3) Pour les élèves du GE, nous constaterons principalement une amélioration significative pour les conceptions qu'ils auront travaillées pendant leurs démarches. En effet, ils n'ont pu travailler sur l'ensemble de leurs conceptions, celles-ci étant trop nombreuses. Les exposés discutés en classe sur les DE des autres groupes n'auront pas un grand impact sur leurs conceptions.

Ici il s'agit de l'analyse ne portant que le GE et sur les conceptions qui ont ou non pas été travaillées (Figure 10). Nous remarquons effectivement une amélioration bien plus grande pour les conceptions qui ont traitées directement en DE par les élèves que celles qui n'ont pas du tout été abordées, cependant les conceptions débattues en exposé ont également beaucoup évolué. Cette hypothèse n'est donc que partiellement validée.

CONCLUSION

Au début de ce mémoire, je partageais ma surprise de voir les conceptions de mes élèves ressurgir pendant les épreuves. J'avais également été confrontée à de la passivité de leur part lors des expériences. Ils m'avaient expliqué que celles-ci ne répondaient pas forcément à leurs questions. Le fait que je connaisse le résultat de l'expérience invalidait leur désir de poser des hypothèses. J'ai donc cherché, au travers de la littérature, à mettre en place des solutions répondant à l'ensemble de ces questions. De fil en aiguille, je suis arrivée à la question suivante : *Quelle est l'évolution des conceptions des élèves au cycle 3 au travers d'une démarche d'expérimentation, ceci comparativement à un enseignement plus guidé et ne faisant pas émerger ces conceptions ?* J'ai par conséquent décidé de mettre en place une séquence sur la masse volumique par démarche d'expérimentation (DE). Je désirais au travers de celle-ci lier toutes mes réflexions.

Je désirais observer si l'émergence et la prise en compte des conceptions dans ce cadre avait un impact sur celles-ci. De façon globale, la réponse serait négative. Cependant il faut tenir compte d'un certain nombre de limites. Il faut également entrer plus profondément dans l'analyse. Tout d'abord, l'échantillonnage était petit, il y avait une grande différence d'effectif entre les deux groupes. Ensuite, comme dit en problématique, la DE devrait avoir lieu sur une longue période, allant jusqu'à faire une à deux séquences par année pendant l'ensemble de la scolarité obligatoire. En effet, maîtriser une DE demande des efforts et un apprentissage différent de la part des élèves, de nombreux nouveaux éléments sont à prendre en compte. Des attentes sur l'écrit, sur la formulation d'un rapport scientifique, sur la cohérence de la démarche sont bien présentes.

Pour ma récolte de données, j'ai choisi de passer trois fois le même questionnaire à un groupe témoin (GT) et au groupe auquel j'avais enseigné avec la DE. Deux méthodes d'enseignement différentes entre GT et groupe expérimental (GE) ont donc pris place. La première ne faisait pas émerger les conceptions des élèves, la seconde le faisait et construisait sur celles-ci. J'ai parfois eu l'impression de jouer aux poupées russes : je testais une DE en classe au travers d'une démarche quasi-expérimentale.

Rappelons qu'en plus d'apprendre des éléments sur la matière étudiée, la DE permet également le développement des Compétences transversales, de l'écriture scientifique et contribue à la Formation Générale.

Avec le GE, plusieurs périodes ont été nécessaire aux élèves pour se familiariser à la DE. Le temps pour réaliser une DE complète par groupe avait quasiment diminué de moitié à la fin de la séquence enseignée. Nous pouvons supposer que si d'autres DE étaient mises en place avec le même groupe, certainement que la « perte de temps » apparente serait bien moindre. D'autant plus si c'est mis en place dès le début de la scolarité.

Ce que j'ai le plus apprécié dans la DE, est qu'il n'y ait plus de « bons » ou de « mauvais » élèves, si vous m'excusez ces termes. Chacun va à son rythme, la difficulté de la démarche peut être adaptée à chacun. Contrairement à un enseignement plus classique, où tous les élèves font les mêmes activités, ici, si un élève maîtrise déjà une notion, il ne va pas à nouveau la travailler. Aucun élève ne s'est ennuyé pendant cette séquence. Il n'y a également pas eu besoin de faire de la discipline, les élèves travaillant d'eux-mêmes et étant autonomes. Cela casse aussi les effets de groupe qu'il pourrait y avoir, ainsi que des effets de rejet, les groupes étant constitués par l'enseignante.

Ce fut une belle expérience, j'ai eu beaucoup de plaisir à passer ces moments avec les élèves, la posture de l'enseignant étant très différente, plus dans l'accompagnement que dans la détention du savoir. De nombreux élèves m'ont communiqué qu'ils appréciaient travailler de cette manière. Plusieurs étaient déçus que l'on retourne à un enseignement plus classique. Alors que d'autres étaient heureux de quitter la DE, celle-ci ne convenant pas à tout le monde.

Au travers de la DE, j'ai pu répondre à la majorité de mes questionnements de départ, tout en admettant que celui concernant les conceptions n'a pas fini de m'interpeller. Toutefois, n'est-ce pas aussi les défis qui rendent l'enseignement si intéressant ?

Notons encore que, dans les deux méthodes d'enseignement, les expériences ont été utilisées, bien qu'elles aient été construites et utilisées différemment. Certains groupes du GE ont même créé en fin de séquence des expériences similaires à celles effectuées dans le GT.

Dans la DE telle qu'elle a été pratiquée dans ce travail, l'émergence des conceptions a eu lieu, mais sans expliquer aux élèves quelles étaient les raisons du travail sur le questionnaire – cela aurait pu fausser la prise de résultats – toutefois, comme le propose Potvin (2018), nous pourrions aussi expliquer aux élèves ce que sont les conceptions et les rendre conscients de leur existence de manière plus directe. Nous pourrions alors les associer davantage à notre objectif – qui est de voir soit, selon Potvin, de nouvelles conceptions se joindre aux anciennes et devenir prévalentes, soit de voir une évolution des conceptions déjà existantes (De Vecchi & Giordan, 1989). Ce serait une extension de la DE qui pourrait avoir tout son sens et être très intéressante.

Dans la DE, j'ai expliqué à différentes reprises l'importance de la reproductibilité des expériences pour être sûr de la fiabilité des résultats. Cela vaut également pour ce travail, un approfondissement de la question, avec élargissement de l'échantillonnage et des personnes effectuant l'enseignement serait souhaitable.

Concernant les résultats obtenus, il faut prendre en compte la différence d'expérience entre mon FEE¹¹ et moi-même : pour lui, cela faisait déjà une dizaine d'année qu'il enseignait, alors que pour ma part, bien que j'aie enseigné deux fois cette séquence auparavant, mon expérience est moins grande. C'était également la première fois que j'enseignais de cette manière, j'apprenais donc en même temps que mes élèves. Certainement que si je devais enseigner une deuxième fois de la même manière, bien des éléments seraient plus simples à mettre en place.

Il serait nécessaire et appréciable de faire passer un quatrième questionnaire ultérieurement pour confirmer ou infirmer les tendances observées, ce n'était, hélas, pas dans les possibilités de ce travail de recherche, les données obtenues sont donc à prendre avec circonspection.

¹¹ Formateur En Établissement

Nous voyons que le progrès global est légèrement supérieur pour le GT. Cela peut s'expliquer parce qu'une partie des questions n'a pas été abordée par le GE. Si l'on prend les résultats en séparant chaque question, cela varie beaucoup entre les deux groupes. Pour certaines questions, c'est le GT qui a le plus évolué, pour d'autres, c'est le GE, enfin parfois, c'est quasiment équivalent. Nous pouvons voir que les questions remportées par le GE sont souvent les conceptions qui ont été travaillées par certains groupes et souvent présentées en exposé au reste du GE.

Nous remarquons aussi que la méthode d'enseignement du GT semble avoir un impact plus grand sur les conceptions des élèves partant avec un score moyen au Q1, alors que celle du GE semble avoir un impact plus grand sur les élèves partant avec un score faible ou élevé au Q1. Il semble donc nécessaire d'avoir également des moments d'institutionnalisation pas uniquement centrés sur la démarche, mais également sur les connaissances. En parallèle, les exposés sur les DE apparaissent très efficaces quant à leur impact sur les conceptions, tout comme de les travailler en DE. Serait-il dans l'intérêt de l'ensemble des élèves de prévoir un enseignement mixte en fonction des conceptions abordées ?

Toutefois, la différence de score entre le Q1 et le Q3 n'excède pas 21% pour le GT, alors que le Q1 avait un résultat de 50%. Pourtant une séquence complète a eu lieu entre ces deux questionnaires ainsi qu'une évaluation sommative et probablement, du coup, des révisions à domicile. Nous voyons ici la persistance des conceptions, d'autant plus qu'une partie du pourcentage de réussite vient de la connaissance des trois définitions, parce que sans celles-ci, le GT au Q1 n'obtient pas plus que 40% de réussite et le progrès total ne dépasse pas les 19%.

La différence de score entre le Q1 et le Q3 pour le GE n'est que de 17%, alors que le Q1 obtenait un taux de réussite de 49%. Sans les trois définitions, ce taux atteint 42% et le progrès total augmente à 21%. Il n'y a eu ni travail à la maison, ni évaluation sommative sur les connaissances enseignées. Un travail a été effectué sur de nombreuses autres compétences.

Les conceptions initiales restent stables, heureusement, une partie de celles qui étaient correctes le sont restées. Toutefois, avec un progrès global si faible et une différence entre GT et GE de seulement 4% s'inversant si l'on retire les questions portant sur les définitions¹², nous pouvons nous demander quelle est la nécessité d'évaluations sommatives et de révisions à domicile motivant l'apprentissage. Cela n'est pas forcément inutile selon moi. Cependant, conceptions parlant, leur impact semble faible.

Comme discuté en problématique et comme nous l'observons pour l'exemple de la pierre ponce, les conceptions restent très tenaces, que ce soit pour le GT ou le GE.

Dans les limites de ce que nous avons pu faire ici, nous pouvons au moins dire que s'il n'y a pas gain évident au niveau des conceptions avec la DE, il n'y a pas non plus perte de qualité inquiétante dans l'acquisition des connaissances. Les élèves apprennent différemment, plus en termes de savoir-faire et Capacités transversales.

¹² Les élèves peuvent répondre à ces questions à partir de ce qu'ils ont appris par cœur plutôt que de ce qu'ils pensent, toutefois, elles ont leur place dans le questionnaire.

Je me permets même de supposer, que si une nouvelle séquence par DE était faite avec le GE, l'impact sur leurs conceptions serait bien plus grand que pour le GT, car, étant plus efficaces, ils feraient plus de DE pour le même nombre de périodes. Or, nous avons vu que les conceptions ayant peu évoluées sont celles qui n'ont pas été travaillées ou vues en exposés. Comme ils en travailleraient davantage, l'évolution serait plus marquante.

En conclusion donc, je désire que chaque enseignant puisse dépasser les réserves qu'il a à l'encontre des démarches d'expérimentation et d'investigation en général et qu'il trouve la motivation de se lancer dans cette aventure. La question de l'évolution des compétences n'a pas encore fini de nous donner du fil à retordre, cependant, que cela ne nous effraie pas, osons au contraire essayer encore et encore d'y remédier. Améliorons ce qui a déjà été fait et modifions ce qui n'a pas apporté satisfaction. Ne nous lassons jamais de renouveler notre enseignement. Ne cédon pas au découragement et à la frustration. Pour ma part, j'ai eu beaucoup de plaisir dans l'ensemble de ce travail et j'ai acquis de nouveaux outils ainsi que des connaissances qui me seront utiles pour mon enseignement. Je n'hésiterai pas à recourir aux DE, leurs avantages compensent largement les rares inconvénients que j'ai pu rencontrer.

BIBLIOGRAPHIE

- Anceaux, F. & Sockeel, P. (2008). *La démarche expérimentale en psychologie*. Paris: In press.
- Astolfi, J.-P. (2017). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris : ESF éditeur.
- Astolfi, J., Peterfalvi, B., & Vérin, A. (2006). *Comment les enfants apprennent les sciences : Clés pour renouveler l'enseignement scientifique*. Paris: Retz.
- Bächtold, M. (2012). Les fondements constructivistes de l'enseignement des sciences basé sur l'investigation. *Tréma* 38. Consulté le 06 juin 2019 sur le site <http://journals.openedition.org/trema/2817>.
- Bardou, A., & Emery, A. (2019). *Aide-mémoire : Outils – démarches – références*. Neuchâtel: CIIP Conférence intercantonale de l'Instruction publique de la Suisse romande et du Tessin.
- Boilevin, J. (2013). *Rénovation de l'enseignement des sciences physiques et formation des enseignants : Regards didactiques* (Pédagogies en développement). Bruxelles: De Boeck.
- Conférence Intercantonale de l'Instruction Publique (2010). Description des Capacités Transversales. In *Plan d'études romand*. Neuchâtel : CIIP. Repéré à <https://plandetudes.ch/web/guest/capacites-transversales/>
- Conférence Intercantonale de l'Instruction Publique (2010). Mathématiques et Sciences de la Nature – Sciences de la nature. In *Plan d'études romand*. Neuchâtel : CIIP. Repéré à <https://plandetudes.ch/web/guest/sciences-de-la-nature>
- Coquidé, M., Fortin, C. & Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites. *Aster n° 49*; (pp. 51-77, 181, 184, 187). Consulté le 08 juin 2019 sur le site: <https://doi.org/10.4267/2042/31129>
- Courtillot, D., & Ruffenach, M. (2006). *Enseigner les sciences physiques : De la 3e à la Terminale*. Paris: Bordas.
- De Saint-André, M., Montésinos-Gelet, I., Morin, M., & Saussez, F. (2010). Avantages et limites des approches méthodologiques utilisées pour étudier les pratiques enseignantes. *Nouveaux Cahiers De La Recherche En éducation*, 13(2), 159-176
- De Vecchi, G. (2006). *Enseigner l'expérimental en classe : Pour une véritable éducation scientifique* (Profession enseignant). Paris: Hachette éducation.
- De Vecchi, G. (2007). *Enseigner par situations-problèmes* (Guides de poche de l'enseignant). Paris: Delagrave.
- De Vecchi, G., & Giordan, A. (1989). *L'enseignement scientifique : Comment faire pour que "ça marche"?* (Collection André Giordan et Jean-Louis Martinand. Guides pratiques). Nice: Z'éditions.

Javoy, S., Decroix, A., & De Hosson, C. (2018a). La construction du concept physique de volume en cycle III : Quelles difficultés ? Quelles stratégies didactiques. *6e Colloque Espace Mathématiques Francophone*, 6e colloque Espace Mathématiques Francophone.

Javoy, S., Decroix, A., & De Hosson, C. (2018b). Les conceptions des élèves qui pourraient faire obstacle à l'apprentissage de la densité en cycle 3. *10e Rencontres De L'ARDIST*, 10e rencontres de L'ARDIST.

Millar, R. (1996). Investigations des élèves en science : une approche fondée sur la connaissance. *Didaskalia* 9, (pp. 9-30). Consulté le 08 juin 2019 sur le site : http://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/23785/DIDASKALIA_1996_9_9.pdf?sequence=1.

Potvin, P. (2018). *Faire apprendre les sciences et la technologie à l'école : épistémologie, didactique, sciences cognitives et neurosciences au service de l'enseignant*. Québec : Presses de l'Université de Laval.

Richer, F., & Gattuso, M. (1981). *Introduction pratique à la méthode expérimentale en psychologie*. Montréal: Décarie.

Rossi, J. (1997). *L'approche expérimentale en psychologie* (Psycho sup). Paris: Dunod.

Singly, F. (2012). *L'enquête et ses méthodes : Le questionnaire*. Paris: Armand Colin.

Tiberghien, A. (2003). Chapitre 8. In Kail, M., & Fayol, M. (2003). *Les sciences cognitives et l'école : La question des apprentissages* (pp.353-413). Paris: Presses universitaires de France.

ANNEXES

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE

25.10.19

Masse, volume, ?

Prénom :

Quelques définitions :

Comment définirais-tu de la matière ?

Avec tes propres mots, décris ce que représente la masse pour toi :

Avec tes propres mots, décris ce que représente le volume pour toi :

25.10.19

Situations et problèmes divers :

Pour chacune des situations suivantes, donne ton avis en l'argumentant, n'hésite pas à l'appuyer avec des dessins ou des schémas si cela t'aide.

1) Sophie affirme que les litres sont une unité de volume. Jules assure qu'il s'agit plutôt d'une unité de masse. Qui a raison ? Explique.

2) La chambre à air de ton vélo est légèrement dégonflée, tu choisis donc de la regonfler. Est-ce que la masse de ta chambre à air varie ? Justifie ta réponse.



3) Tu as un morceau de pâte à modeler. En modifiant sa forme, est-ce que tu peux faire varier son volume ? Explique.



25.10.19

- 4) Est-ce que tu pourrais déterminer plutôt précisément le volume de ce caillou ? Si oui, comment t'y prendrais-tu ?



5)

- a) Robert m'a dit que l'huile flotte sur l'eau car elle est plus légère. Est-ce que c'est juste ? Explique ta réponse (oui/non, car...).

- b) Tu as deux bouteilles opaques fermées. Elles ont la même contenance (même volume). Elles sont pleines. L'une contient de l'eau, l'autre de l'huile.

En fonction de ce que tu as dit ci-dessus, est-ce que je peux utiliser une méthode simple (sans ouvrir les bouteilles !) pour identifier celle qui contient de l'huile ?

Si oui, décris-là et dis-moi quelles observations, quelles mesures je vais pouvoir faire ainsi que les résultats que je peux attendre.



25.10.19

6) Un verre rempli d'eau et de glaçons est dans une pièce. Les glaçons finissent par fondre.

a) À ton avis, est-ce que la masse a changé entre avant et après qu'ils aient fondu ? Justifie ta réponse.



b) Est-ce que le niveau de l'eau dans le verre sera, après la fonte totale des glaçons, plus haut, plus bas ou le même qu'au départ (eau avec glaçons non fondus) ? Explique.

7) Il existe une pierre qui ne coule pas dans l'eau : la pierre ponce¹. Quelles en seraient les raisons selon toi ? Développe.



¹ C'est une roche volcanique très poreuse.

Novembre 2019

Notre expérience

Masse, volume, ... ?

Prénoms :

À partir de nos questionnaires, quels sont nos désaccords/questions ?

Hypothèse retenue : (Une hypothèse par feuille)

Si notre hypothèse est vraie, alors nous devons obtenir ce résultat :

Expérience :

Objectif/but :

Novembre 2019

Quels sont les éléments qui interviennent ?

Quels sont les éléments que l'on veut faire varier ?

Quelle expérience témoin ?

Matériel :

Marche à suivre :

Ps : aux pages 24-28 de vos aide-mémoires, vous trouverez plus d'informations.

Novembre 2019

Consignes du carnet de bord

Description :

Le carnet de bord est un cahier qui sera utilisé de façon régulière désormais. Il est constitué de deux parties :

1. Les narrations de recherche
2. Les conclusions sur les expériences effectuées par les différents groupes.

La narration de recherche :

La narration de recherche est un texte qui a pour but d'expliquer les étapes de résolution mises en place ainsi que la solution trouvée – ou non – à autrui (camarade, enseignant, parents, etc.). On y décrit :

- Le but à atteindre
- les hypothèses émises
- les pistes explorées et ce qui a conduit à les garder ou à les rejeter
- les expériences tentées
- les solutions trouvées
- ...

Les conclusions des expériences :

Une conclusion devrait reprendre les éléments suivants de l'expérience :

- le rappel des questions et des hypothèses.
- la validation ou l'invalidation des hypothèses et leur justification. Il s'agit de préciser les raisons de cette position avec objectivité et esprit critique et de répondre, si possible, à la ou les question(s) de départ.
- Dans certains cas, à partir de l'analyse et l'interprétation des résultats ou observations on peut proposer :
 - une ou plusieurs lois générales sur le sujet ;
 - des améliorations des expériences et des observations ;
 - de nouvelles hypothèses ;

C'est important qu'elle soit travaillée et bien écrite, tu les travailleras avec ton groupe. Avant de la noter dans le cahier, elle doit être validée par l'enseignante.

Organisation du cahier :

D'un côté de ton cahier, tu noteras donc les narrations de recherche des diverses recherches que tu effectues.

De l'autre côté de ton cahier, tu écriras les synthèses des expériences que tu as faites avec ton groupe, ainsi que celles des autres groupes.

À la fin de chaque période, l'enseignante récoltera les cahiers, c'est aussi ainsi qu'elle pourra suivre ta progression.

Décembre 2019

Évaluation par compétences

Prénom :

Enseignant :

Pour chaque compétence, il y a 4 niveaux d'acquisition :

0 : pas maîtrisé, 1 : en voie de maîtrise, 2 : plutôt maîtrisé, 3 : bien maîtrisé

| Compétence | Description | Niveau | Remarque |
|---|---|--------|----------|
| Curiosité | C'est la possibilité de s'étonner, de se poser des questions, d'avoir envie de connaître | | |
| Confiance en soi, envie de rechercher | C'est l'élan qui, face à des questions qu'on se pose, donne envie de trouver les réponses sans simplement les demander et sans avoir peur de s'engager, sans se décourager | | |
| Ouverture aux autres, travail de groupe, communication | C'est la capacité de prendre en compte les autres, aussi bien à l'occasion d'un travail commun que dans l'écoute. | | |
| Respect du matériel et des autres groupes | Avez-vous respecté, nettoyé et rangé correctement votre matériel ? Avez-vous nettoyé votre place de travail ? Avez-vous tenu respecté les autres groupes et partagé le matériel ? | | |
| Évolution et prise en compte des remarques | As-tu tenu compte des remarques des enseignants et des autres élèves ? Quels sont les points sur lesquels tu t'es amélioré depuis le début de la séquence ? | | |

décembre 2019

Évaluation sur la démarche scientifique

Nom :

Tu peux utiliser ton cahier et ton aide-mémoire pour t'aider, sois le plus précis possible.

Parmi les démarches suivantes présentées en classe, choisis en deux qui sont d'un autre groupe que le tien.

Pour la démarche d'Anna, Mila et Steve :

Quelle était la question de recherche ?

Quelle était la conclusion ?

Quels sont les points forts et les points faibles de cette démarche ? Pourrais-tu proposer des améliorations ? Argumente ta réponse

Pour la démarche de Rose, Paul et Sandia :

Quelle était l'hypothèse ?

Quelle était l'expérience ?

décembre 2019

Quels sont les points forts et les points faibles de cette démarche ? Pourrais-tu proposer des améliorations ? Argumente ta réponse

Pour la démarche de Patrick, Tom et Jules :
Quelle était la question de recherche ?

Quelle était la conclusion ?

Quels sont les points forts et les points faibles de cette démarche ? Pourrais-tu proposer des améliorations ? Argumente ta réponse

Pour la démarche de Louis, Maël et Ambre :
Quelles expériences ont-ils faites ?

décembre 2019

Quelle a été la conclusion ?

Quels sont les points forts et les points faibles de cette démarche ? Pourrais-tu proposer des améliorations ? Argumente ta réponse

Pour la démarche de Max, Lina et Diana :
Quels résultats ont-ils obtenu ?

Quelle a été l'interprétation des résultats ?

Quels sont les points forts et les points faibles de cette démarche ? Pourrais-tu proposer des améliorations ? Argumente ta réponse

Pour une des dernières démarches que tu as faites avec ton groupe :
Quelle était la question de recherche ?

décembre 2019

Quelle était l'hypothèse retenue ?

En quoi est-ce que cette hypothèse répond à la question de recherche ?

Quelle expérience avez-vous effectuée ?

En quoi est-ce que cette expérience confirme ou infirme l'hypothèse ?

Quels étaient les facteurs d'erreur qui pouvaient influencer ton expérience ?

Qu'as-tu appris ou confirmé au travers de cette démarche ?

De quelle manière pourrais-tu exploiter ces résultats ?

Quels sont les points forts et les points faibles de cette démarche ? Pourrais-tu proposer des améliorations ? Argumente ta réponse

ANNEXE 6 : CHIFFRES POUR L'ÉVOLUTION DE LA JUSTESSE DES QUESTIONNAIRES

TABLEAU 2 : ÉVOLUTION DE LA JUSTESSE DES QUESTIONNAIRES

| % | Groupe expérimental | Groupe témoin |
|---------------|---------------------|---------------|
| Justesse Q1 | 50,0 | 48,6 |
| Justesse Q2 | 66,7 | 63,6 |
| Justesse Q3 | 70,8 | 65,6 |
| Progrès Q1-Q2 | 33,3 | 30,9 |
| Progrès Q1-Q3 | 41,7 | 34,9 |
| Progrès Q2-Q3 | 6,2 | 3,1 |

ANNEXE 7 : CHIFFRES POUR L'ÉVOLUTION SELON L'ÉCHELLE DE PROGRESSION DES QUESTIONNAIRES

TABLEAU 3 : PROGRESSION SELON L'EP ENTRE Q1 ET Q2

| % | Groupe témoin | Groupe expérimental |
|-----------------|---------------|---------------------|
| Progrès | 29,2 | 30,0 |
| Stabilité | 69,4 | 67,2 |
| Régression | 9,7 | 11,1 |
| Progrès relatif | 19,4 | 18,9 |

TABLEAU 4 : PROGRESSION SELON L'EP ENTRE Q1 ET Q3

| % | Groupe témoin | Groupe expérimental |
|-----------------|---------------|---------------------|
| Progrès | 31,0 | 28,3 |
| Stabilité | 67,9 | 70,0 |
| Régression | 9,5 | 10,0 |
| Progrès relatif | 21,4 | 18,3 |

TABLEAU 5 : PROGRESSION SELON L'EP ENTRE Q2 ET Q3

| % | Groupe témoin | Groupe expérimental |
|-----------------|---------------|---------------------|
| Progrès | 18,1 | 16,7 |
| Stabilité | 76,4 | 79,4 |
| Régression | 13,9 | 12,2 |
| Progrès relatif | 4,2 | 4,4 |

ANNEXE 8 : CHIFFRES POUR L'ÉVOLUTION SELON LE TAUX DE RÉUSSITE DU Q1 POUR L'EJ

TABLEAU 6 : MOYENNE DES QUESTIONNAIRES DONT LE Q1 SE SITUE ENTRE 20 ET 40%

| % | Groupe témoin n=2 | Groupe expérimental n=4 |
|------------|-------------------|-------------------------|
| Moyenne Q1 | 31,3 | 33,3 |
| Moyenne Q2 | 54,2 | 61,5 |
| Moyenne Q3 | 47,9 | 59,4 |

TABLEAU 7 : MOYENNE DES QUESTIONNAIRES DONT LE Q1 SE SITUE ENTRE 40 ET 60%

| % | Groupe témoin n=3 | Groupe expérimental n=7 |
|------------|-------------------|-------------------------|
| Moyenne Q1 | 54,2 | 48,2 |
| Moyenne Q2 | 73,6 | 60,7 |
| Moyenne Q3 | 75,0 | 64,3 |

TABLEAU 8 : MOYENNE DES QUESTIONNAIRES DONT LE Q1 SE SITUE ENTRE 60 ET 80%

| % | Groupe témoin n=2 | Groupe expérimental n=4 |
|------------|-------------------|-------------------------|
| Moyenne Q1 | 62,5 | 64,6 |
| Moyenne Q2 | 79,2 | 70,8 |
| Moyenne Q3 | 56,3 | 74,0 |

ANNEXE 9 : CHIFFRES POUR L'ÉVOLUTION DANS LE GÉ SELON LES COMPÉTENCES TRAVAILLÉES

TABLEAU 9 : ÉVOLUTION DANS LE GE SELON LES COMPÉTENCES TRAVAILLÉES

| % | Conceptions travaillées | Conceptions vues en exposé | Autres conceptions |
|--------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------|
| Justesse Q1 | 31,4 | 38,7 | 55,1 |
| Justesse Q2 | 54,3 | 67,7 | 63,4 |
| Justesse Q3 | 57,1 | 75,8 | 64,8 |
| Comparaisons Q1-Q2 | 28,6 | 32,3 | 12,0 |
| Comparaisons Q1-Q3 | 37,1 | 38,7 | 9,3 |
| Comparaisons Q2-Q3 | 5,7 | 12,9 | 3,7 |
| Différence Q1-Q2 | 22,9 | 29,0 | 8,3 |
| Différence Q1-Q3 | 25,7 | 37,1 | 9,7 |
| Différence Q2-Q3 | 2,9 | 8,1 | 1,4 |

ANNEXE 9 : RECENSION DES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT ET LE GE AUX TROIS QUESTIONNAIRES

DÉFINITION DE LA MATIÈRE

FIGURE 23 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR LA DÉFINITION DE LA MATIÈRE

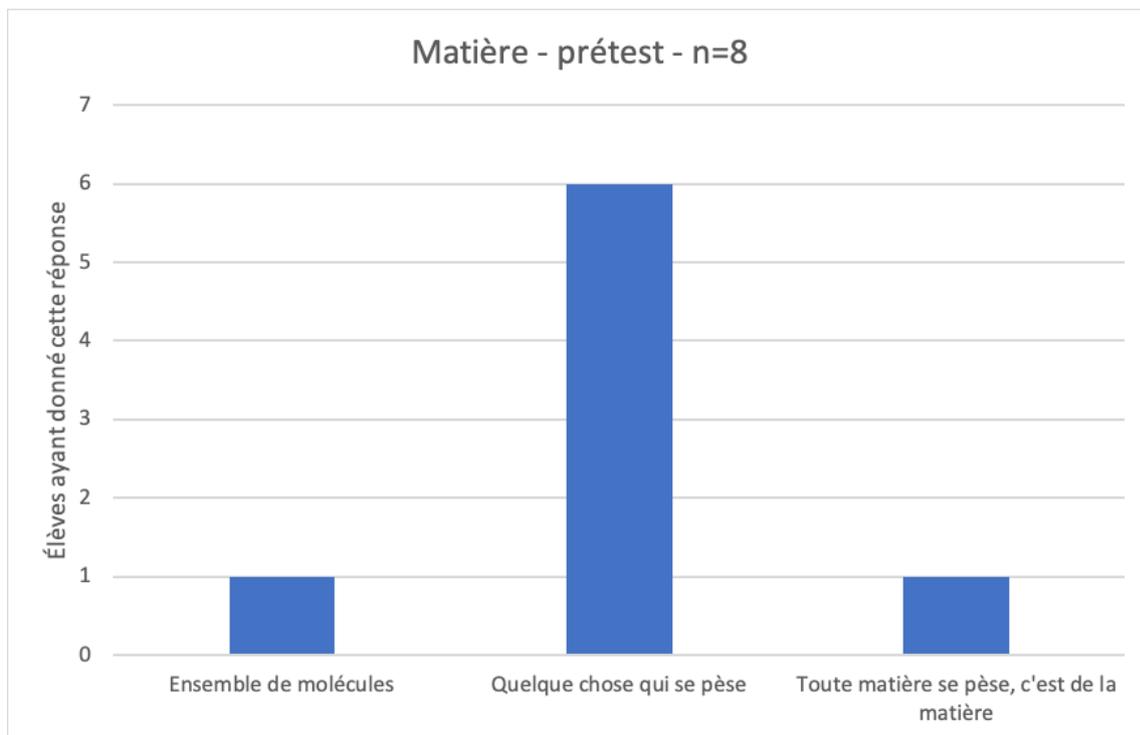


FIGURE 24 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q2 POUR LA DÉFINITION DE LA MATIÈRE

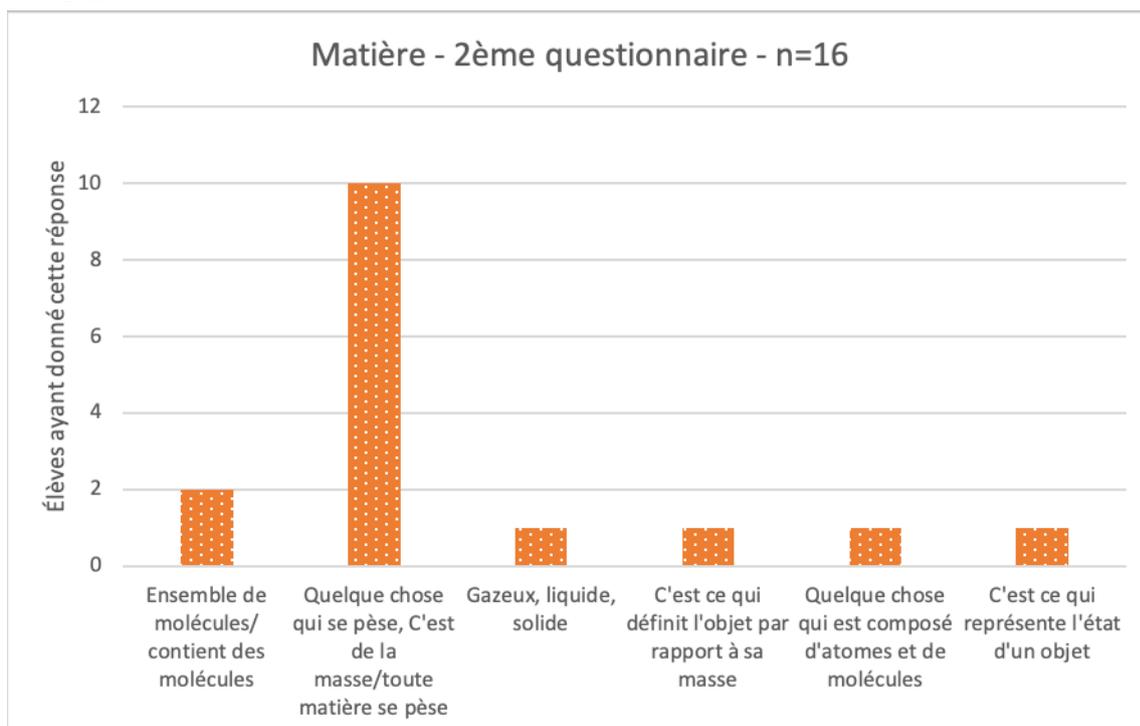


FIGURE 25 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q3 POUR LA DÉFINITION DE LA MATIÈRE

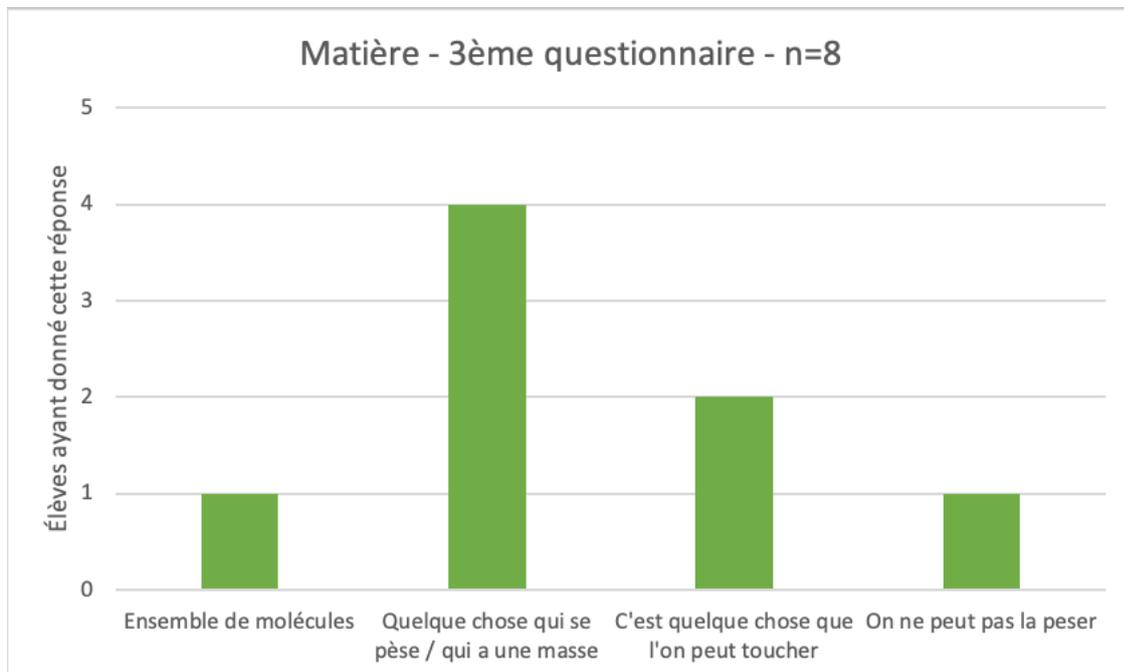


FIGURE 26 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q1 POUR LA DÉFINITION DE LA MATIÈRE

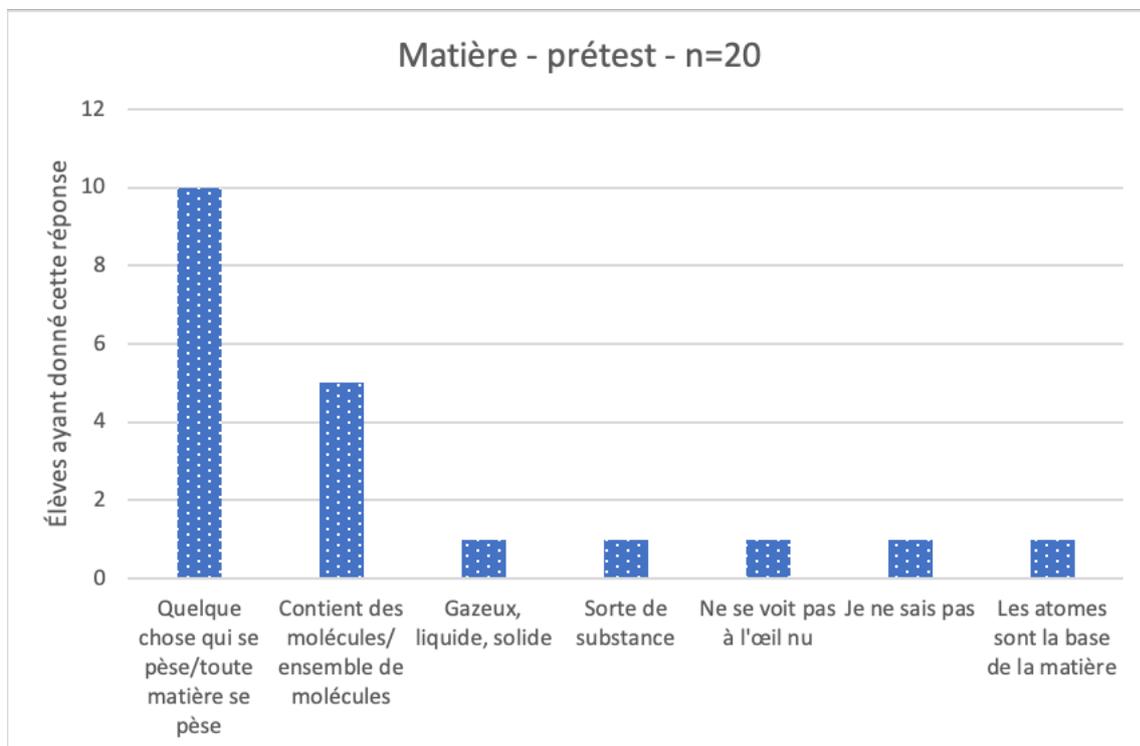


FIGURE 27 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR LA DÉFINITION DE LA MATIÈRE

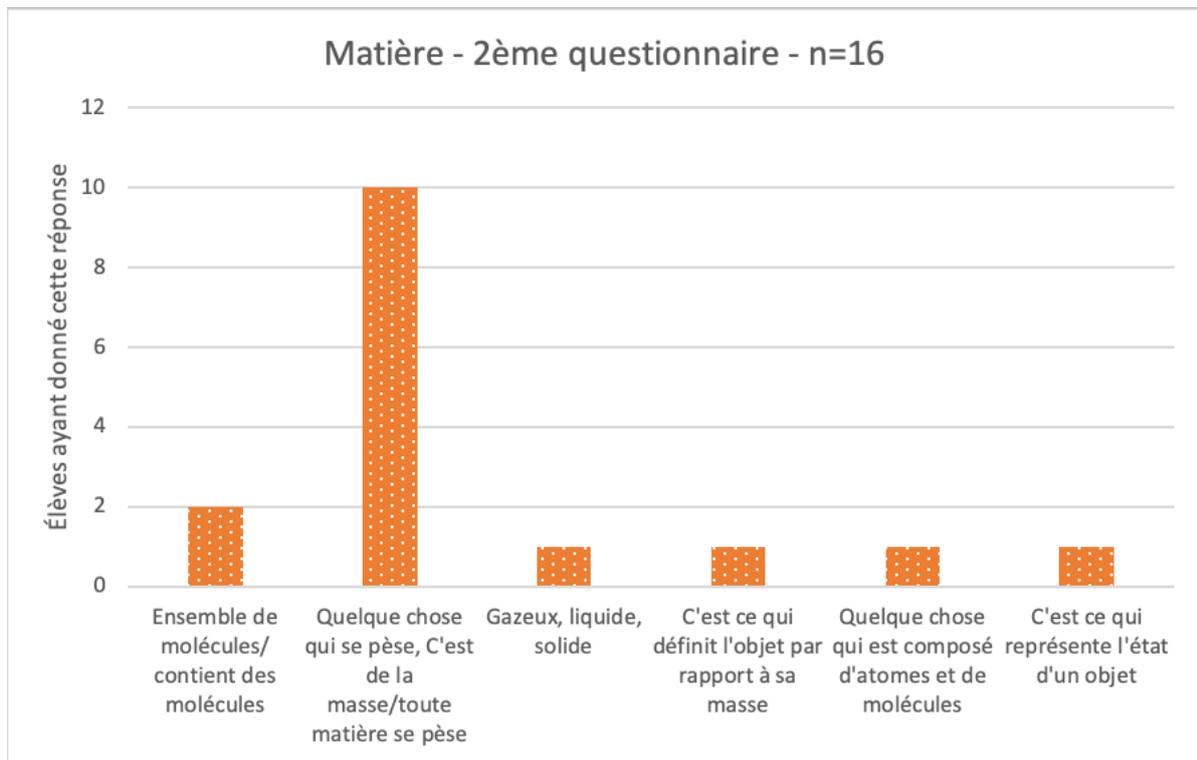
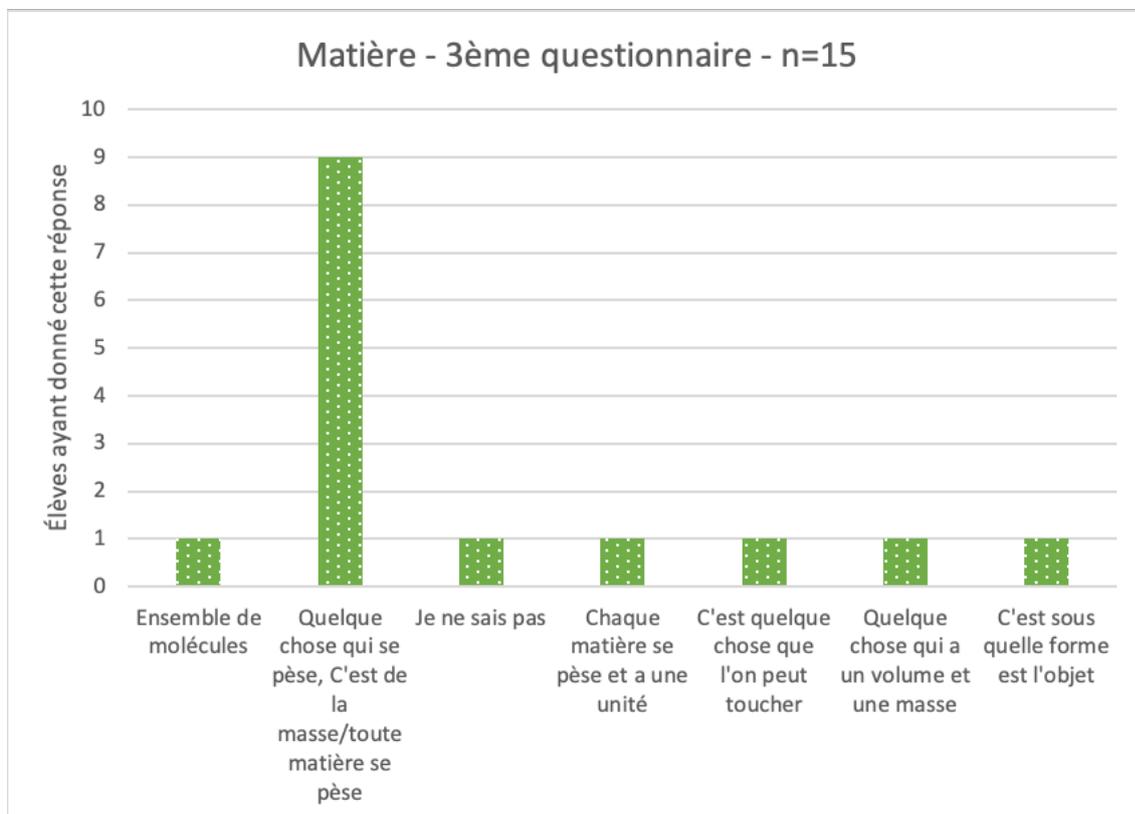


FIGURE 28 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES PAR LE GE AU Q3 POUR LA DÉFINITION DE LA MATIÈRE



DÉFINITION DE LA MASSE

FIGURE 29 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR LA DÉFINITION DE LA MASSE

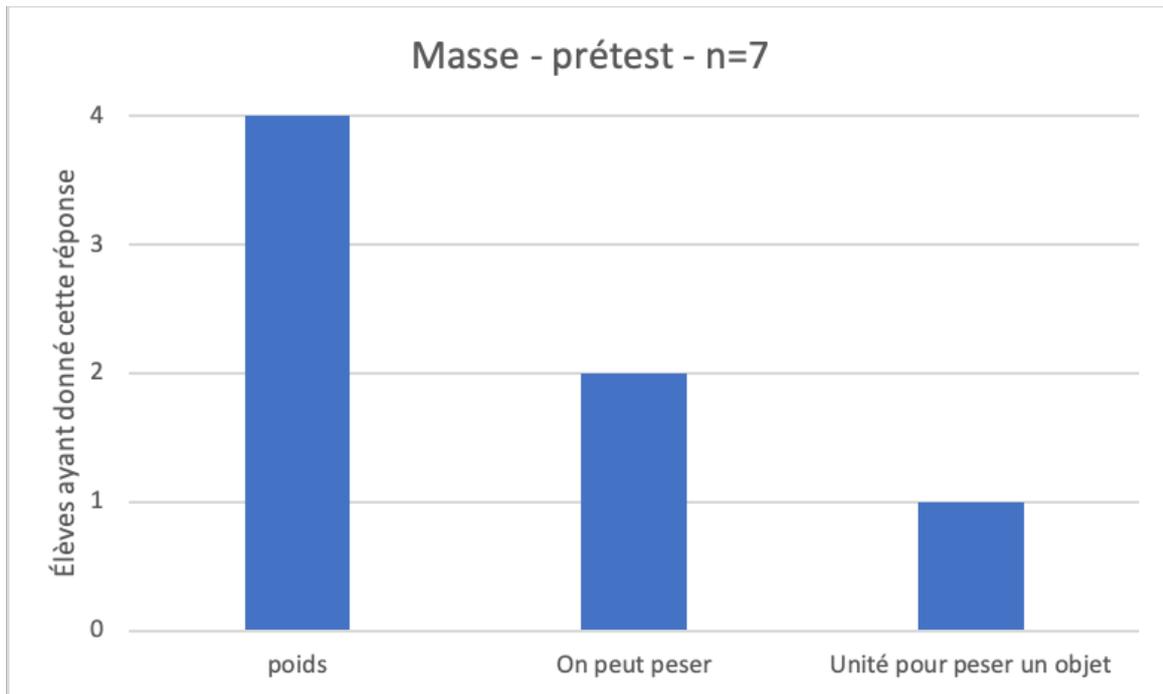


FIGURE 30 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q2 POUR LA DÉFINITION DE LA MASSE

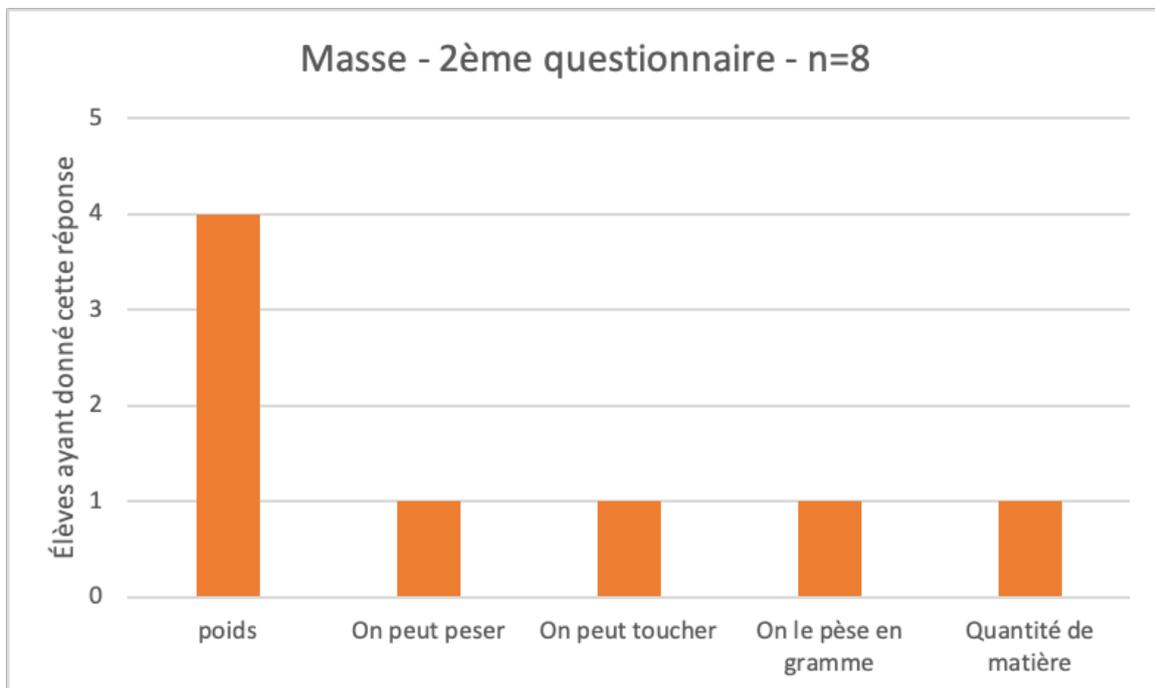


FIGURE 31 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q3 POUR LA DÉFINITION DE LA MASSE

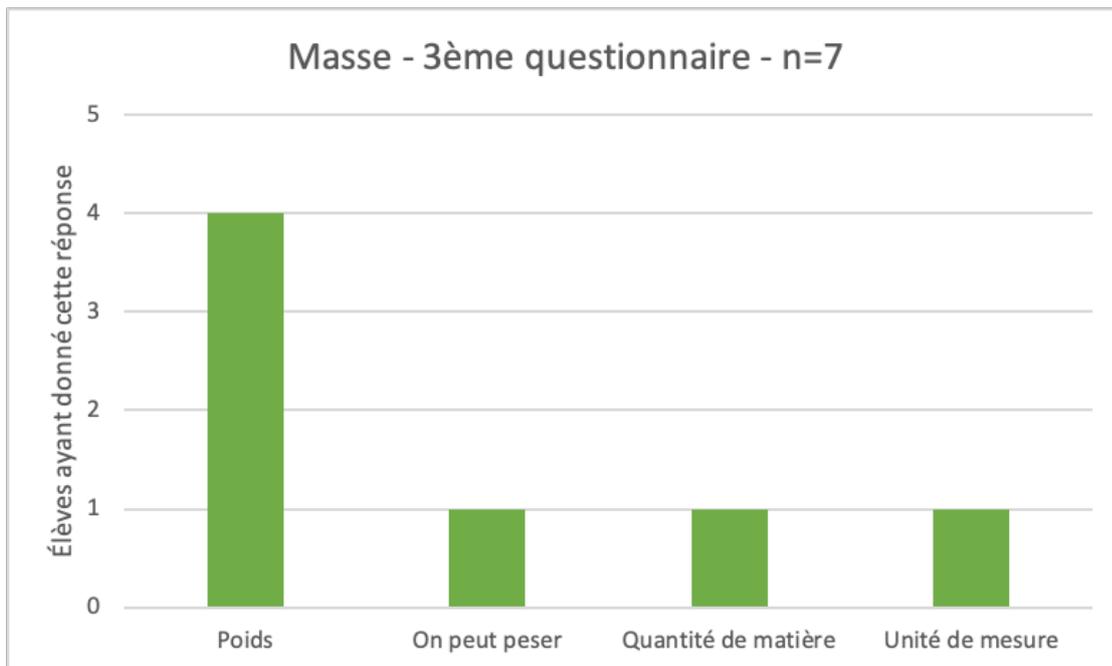


FIGURE 32 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q1 POUR LA DÉFINITION DE LA MASSE

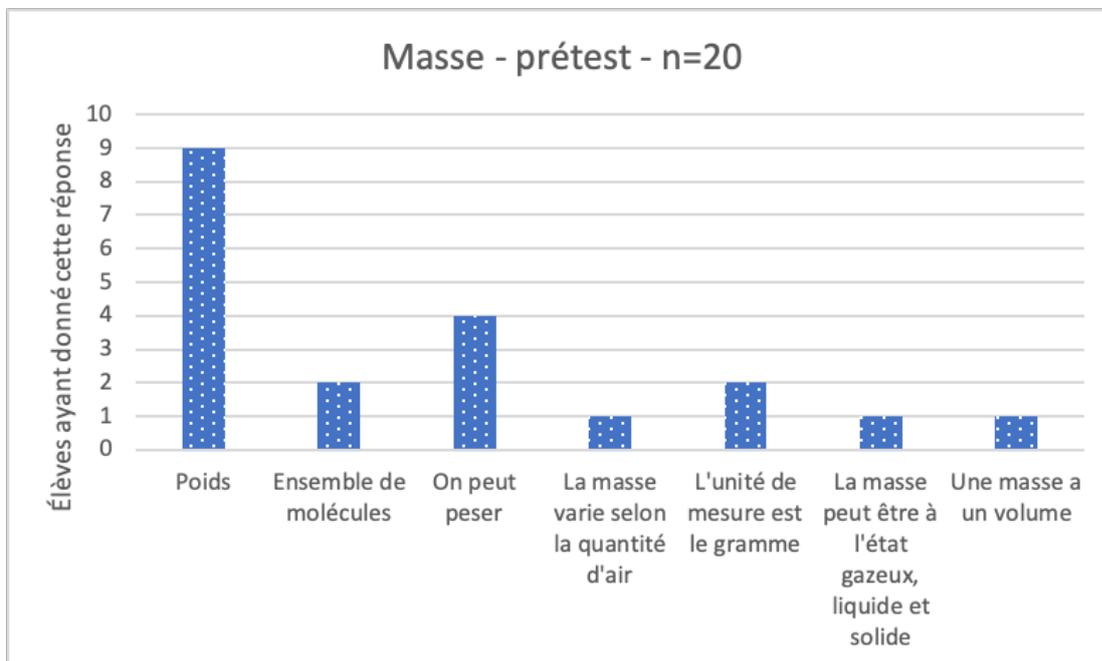


FIGURE 33 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR LA DÉFINITION DE LA MASSE

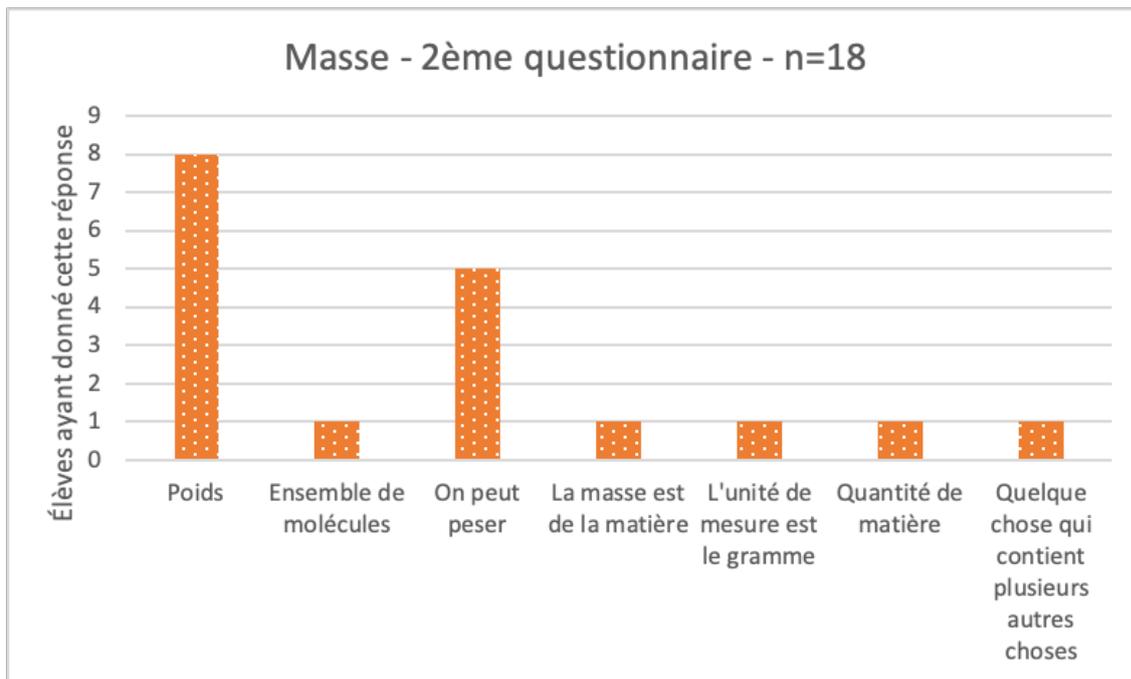
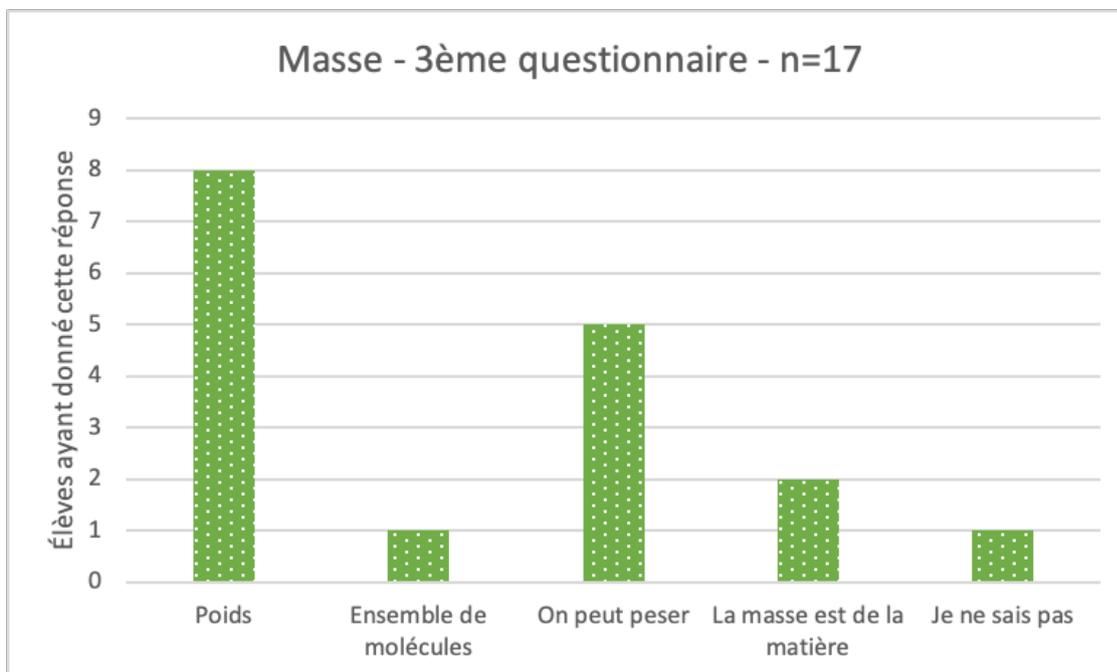


FIGURE 34 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR LA DÉFINITION DE LA MASSE



DÉFINITION DU VOLUME

FIGURE 35 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR LA DÉFINITION DU VOLUME

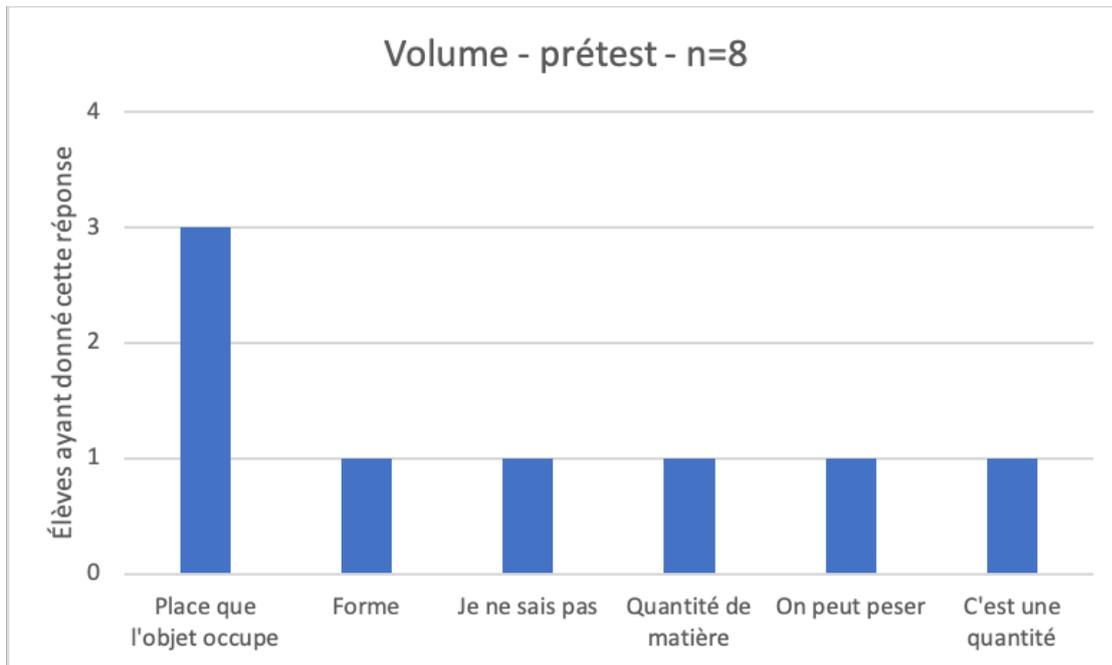


FIGURE 36 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q2 POUR LA DÉFINITION DU VOLUME

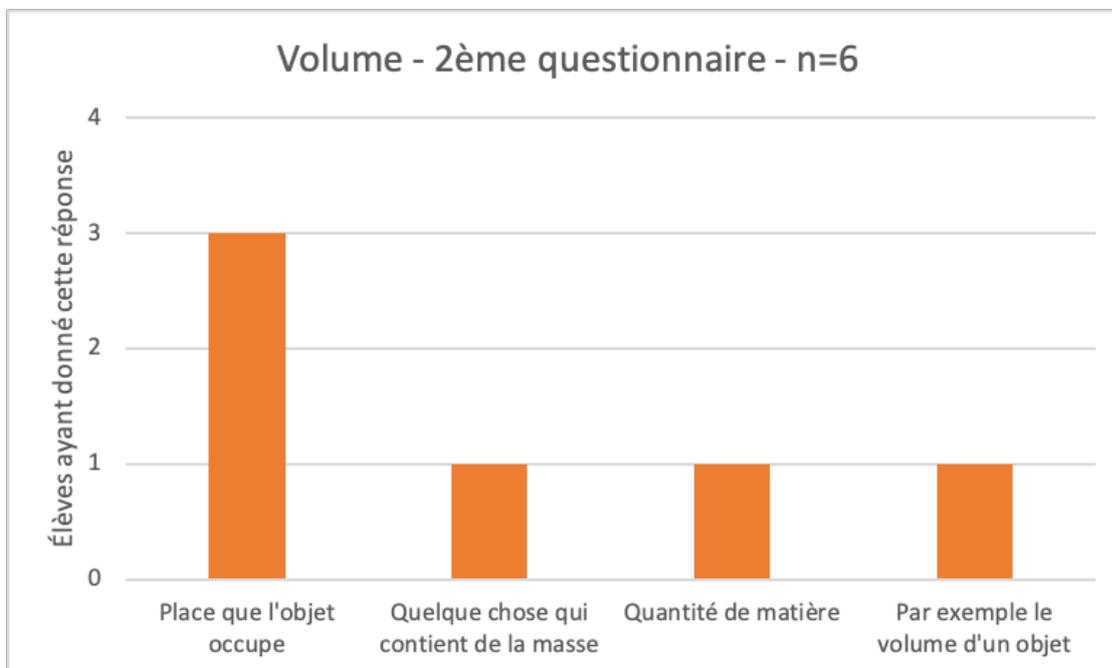


FIGURE 37 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q3 POUR LA DÉFINITION DU VOLUME

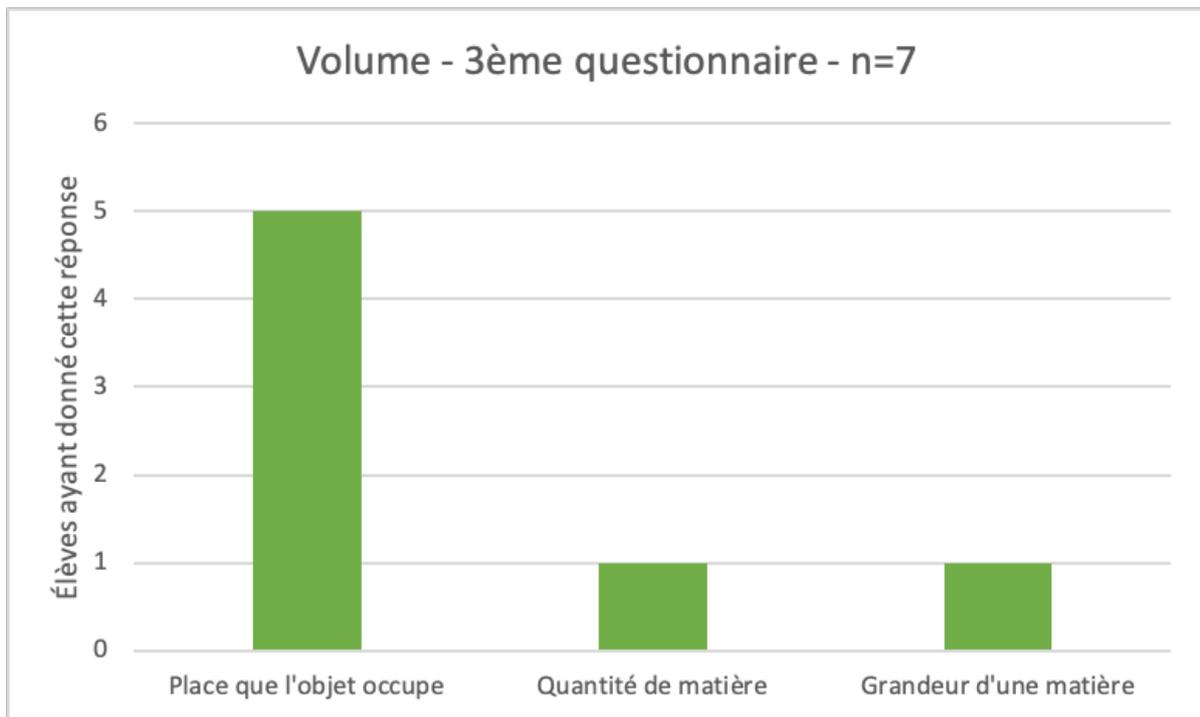


FIGURE 38 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR LA DÉFINITION DU VOLUME

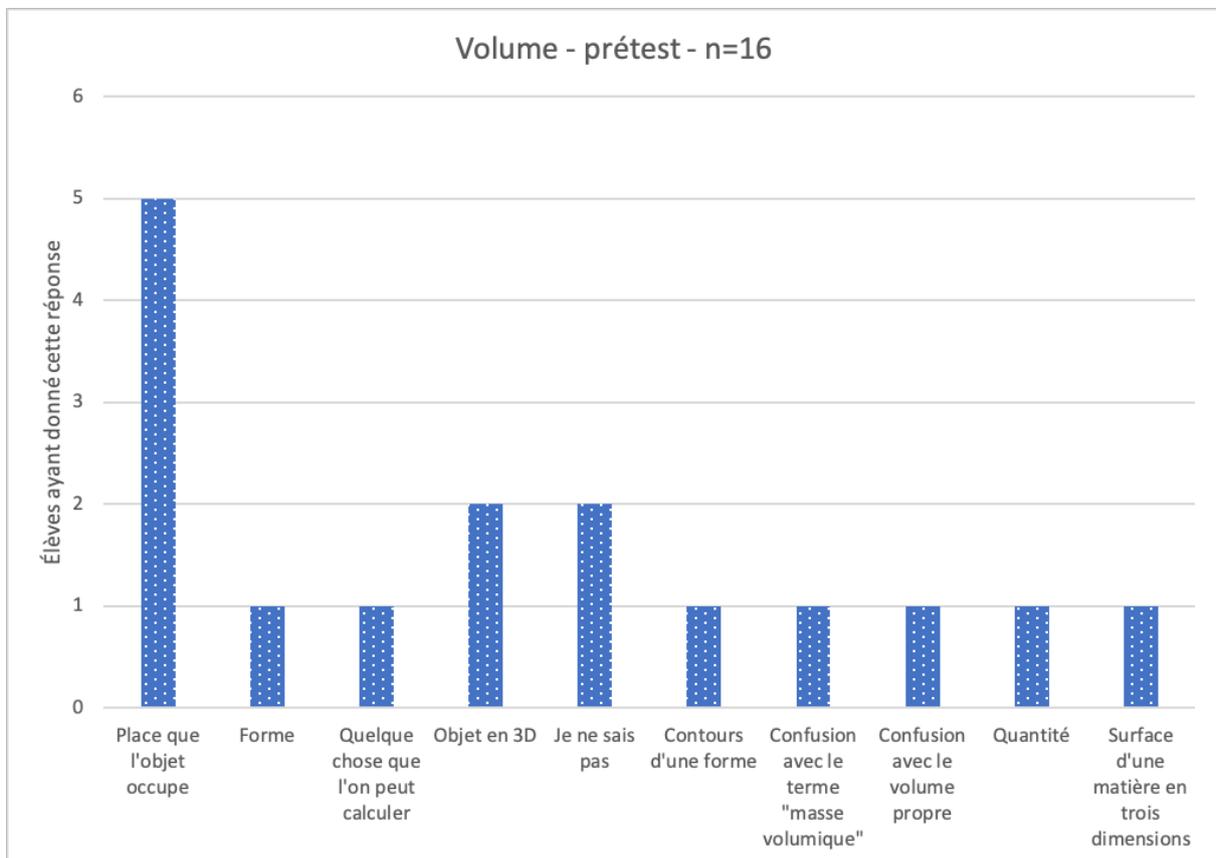


FIGURE 39 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR LA DÉFINITION DU VOLUME

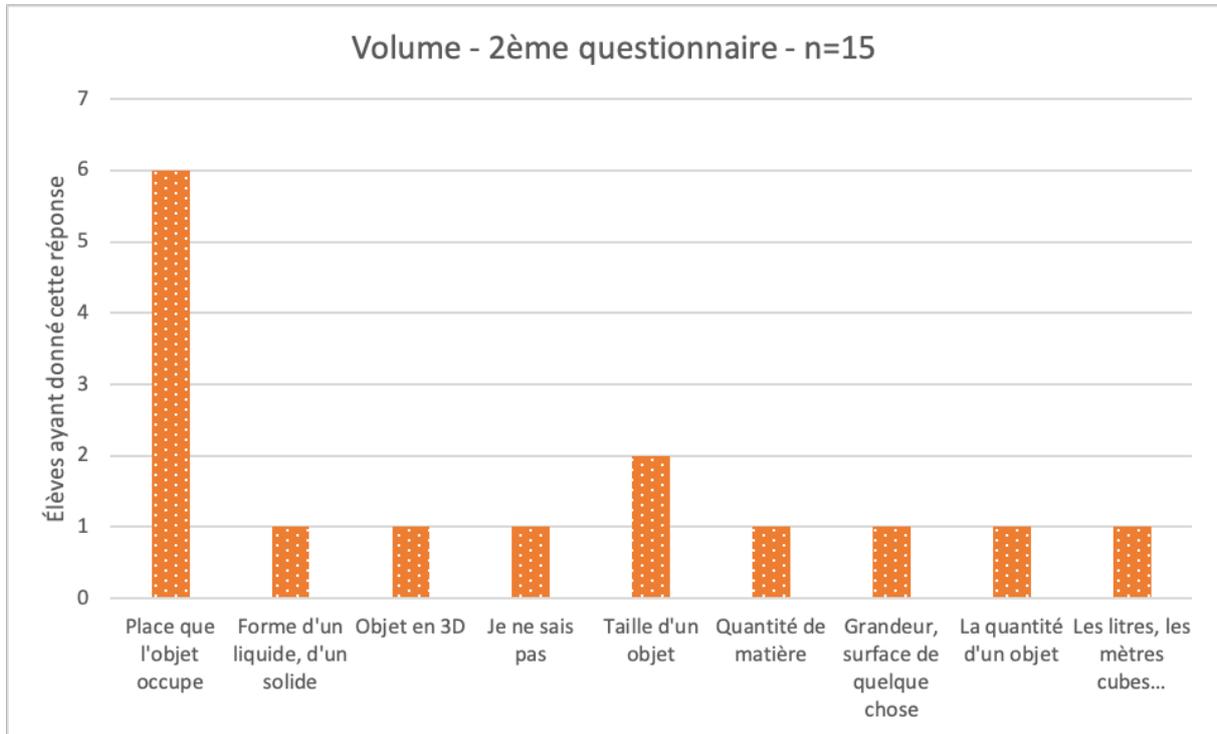
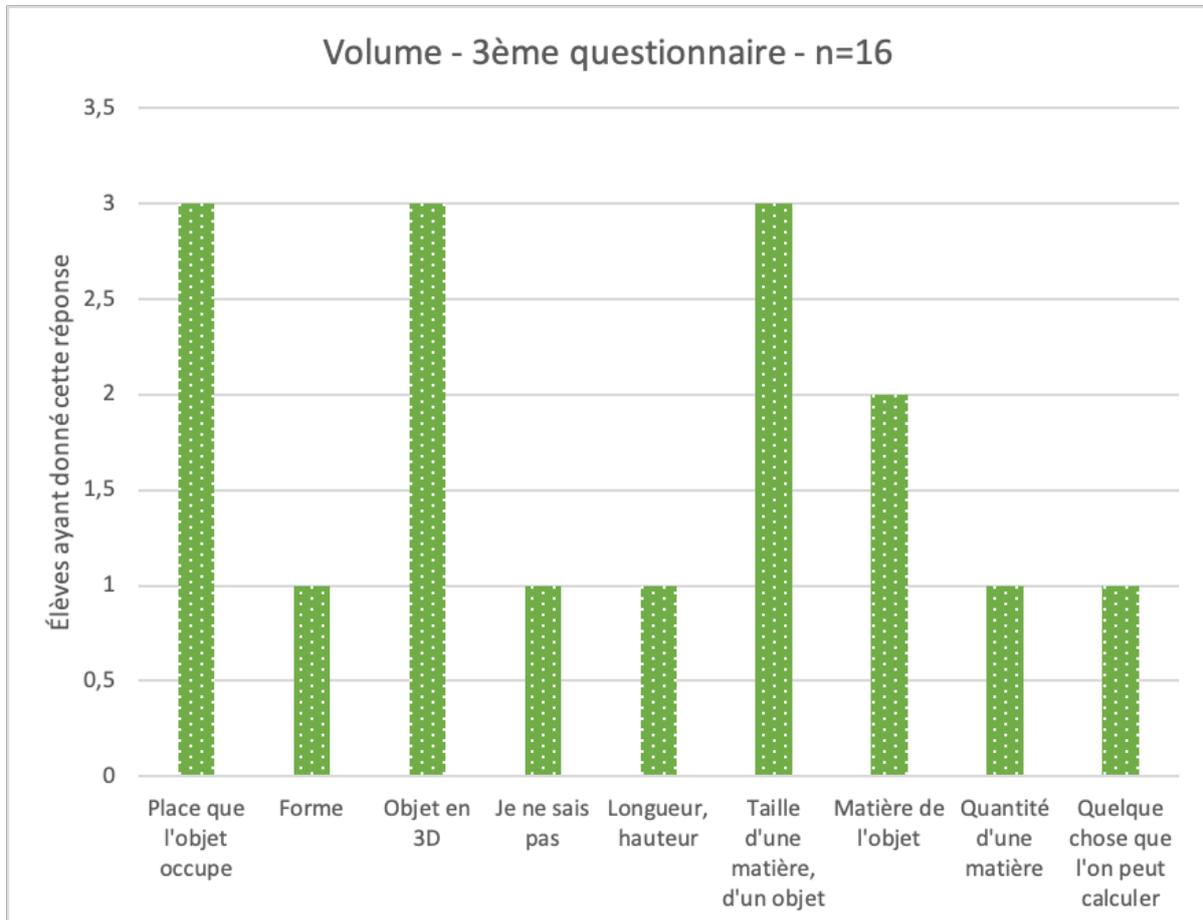


FIGURE 40 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q3 POUR LA DÉFINITION DU VOLUME



LE LITRE, UNE UNITÉ DE MASSE OU DE VOLUME ?

FIGURE 41 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR "LE LITRE, UNE UNITÉ DE MASSE OU DE VOLUME ?"

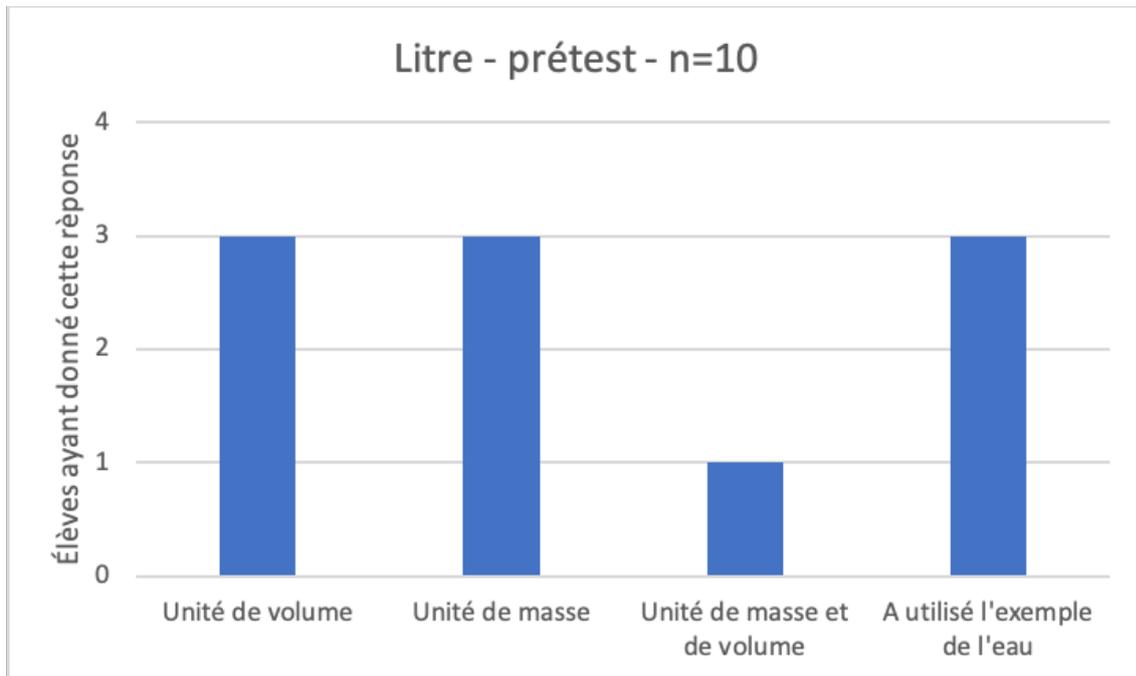


FIGURE 42 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q2 POUR "LE LITRE, UNE UNITÉ DE MASSE OU DE VOLUME ?"

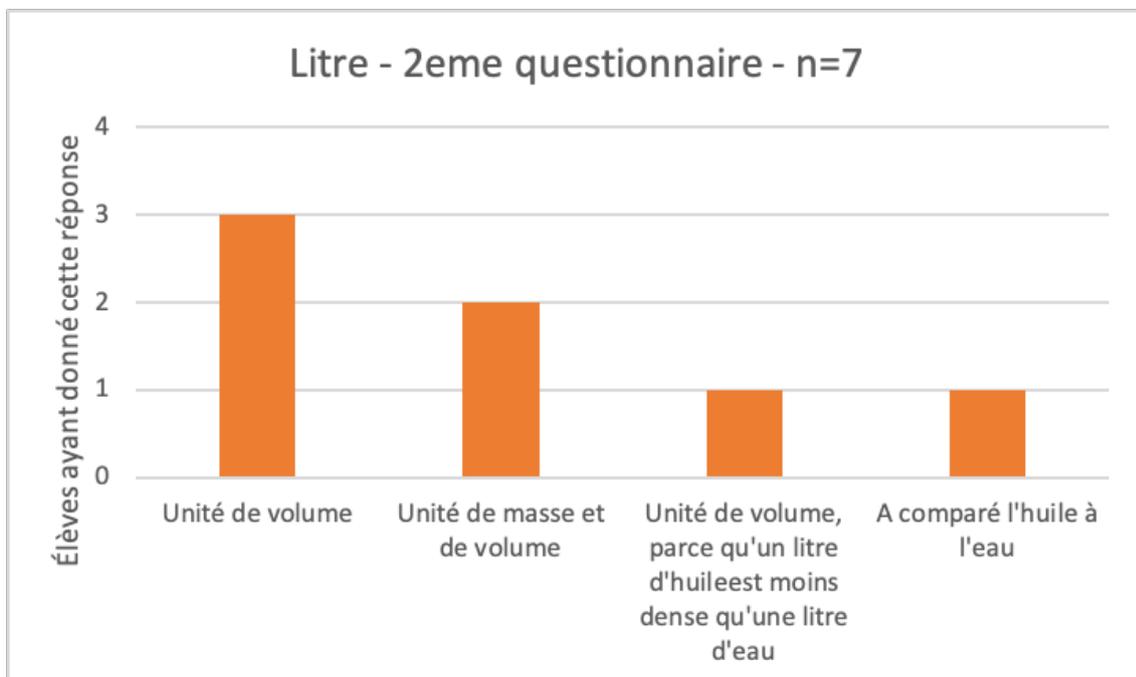


FIGURE 43 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q3 POUR "LE LITRE, UNE UNITÉ DE MASSE OU DE VOLUME ?"

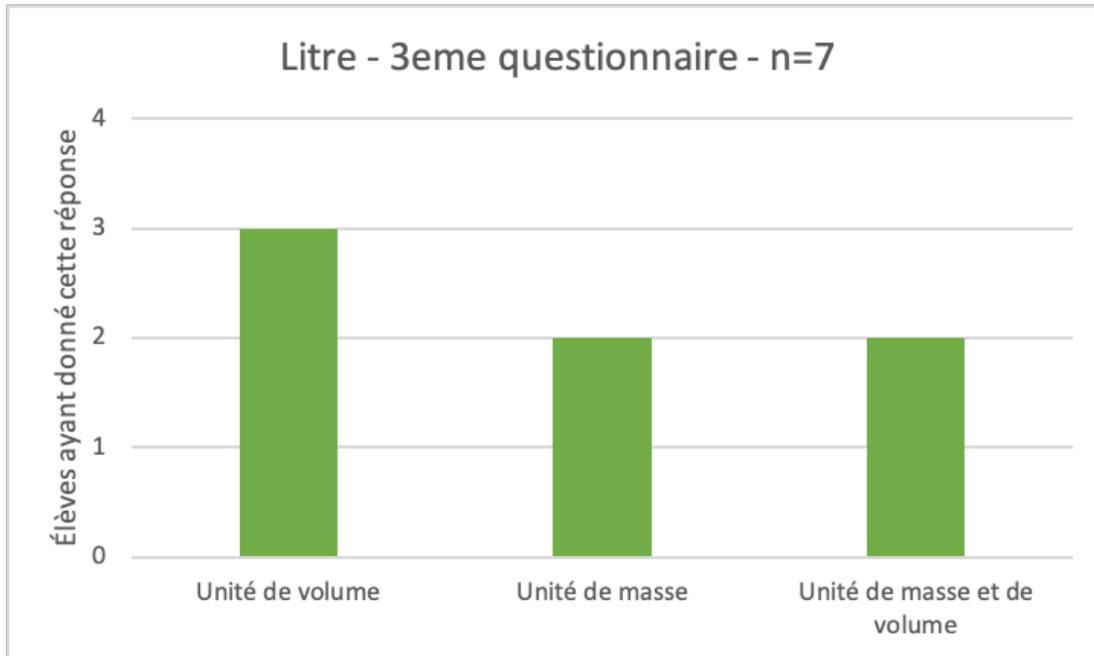


FIGURE 44 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q1 POUR "LE LITRE, UNE UNITÉ DE MASSE OU DE VOLUME ?"

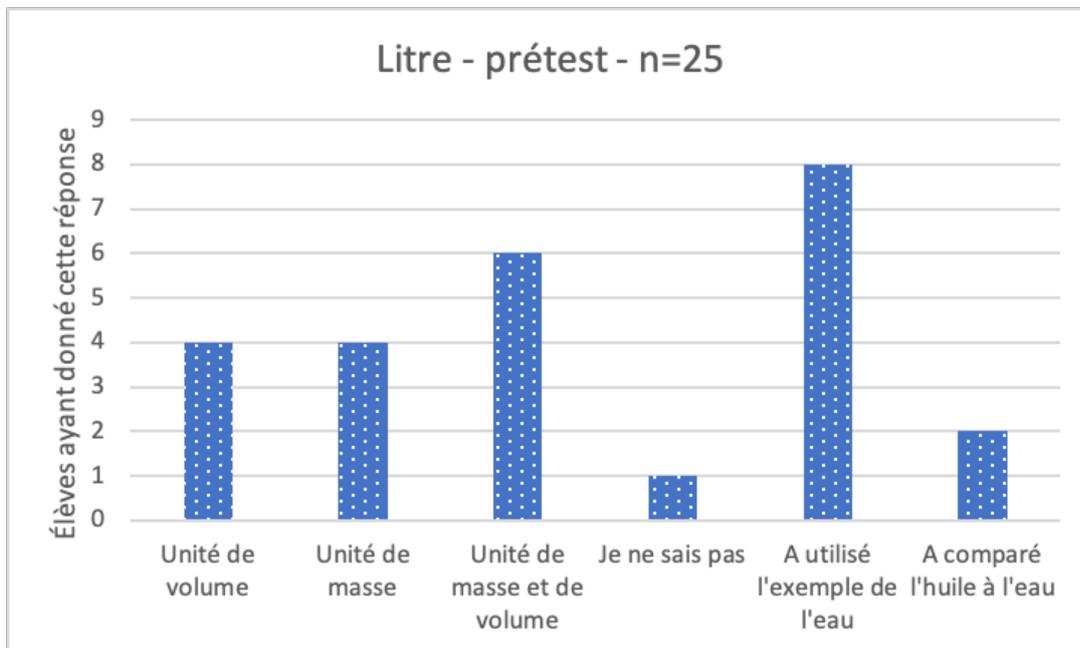


FIGURE 45 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR "LE LITRE, UNE UNITÉ DE MASSE OU DE VOLUME ?"

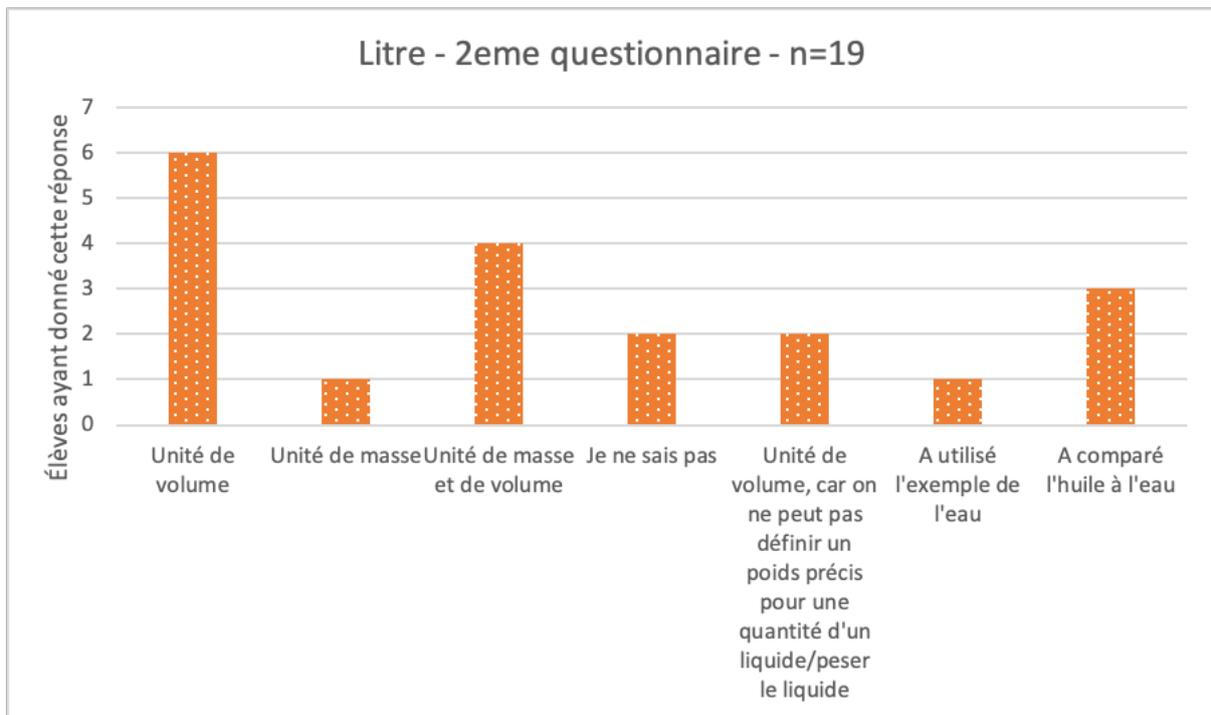
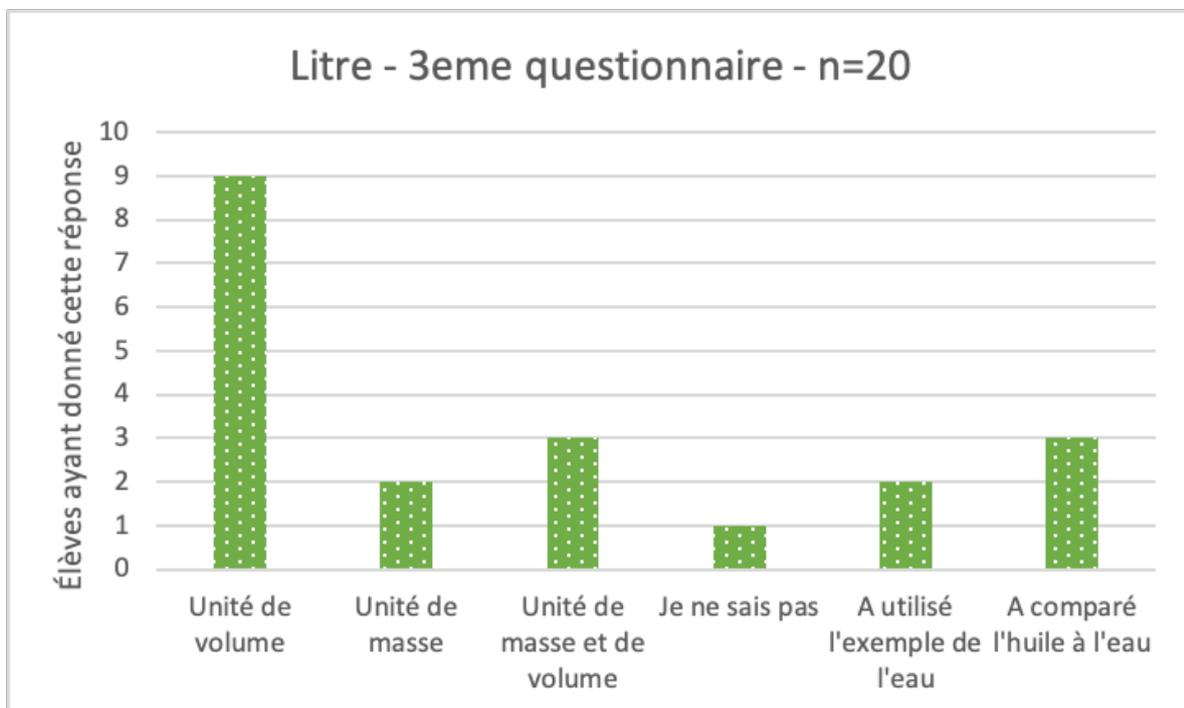


FIGURE 46 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q3 POUR "LE LITRE, UNE UNITÉ DE MASSE OU DE VOLUME ?"



L'AIR EST DE LA MATIÈRE

FIGURE 47 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR "L'AIR EST DE LA MATIÈRE"

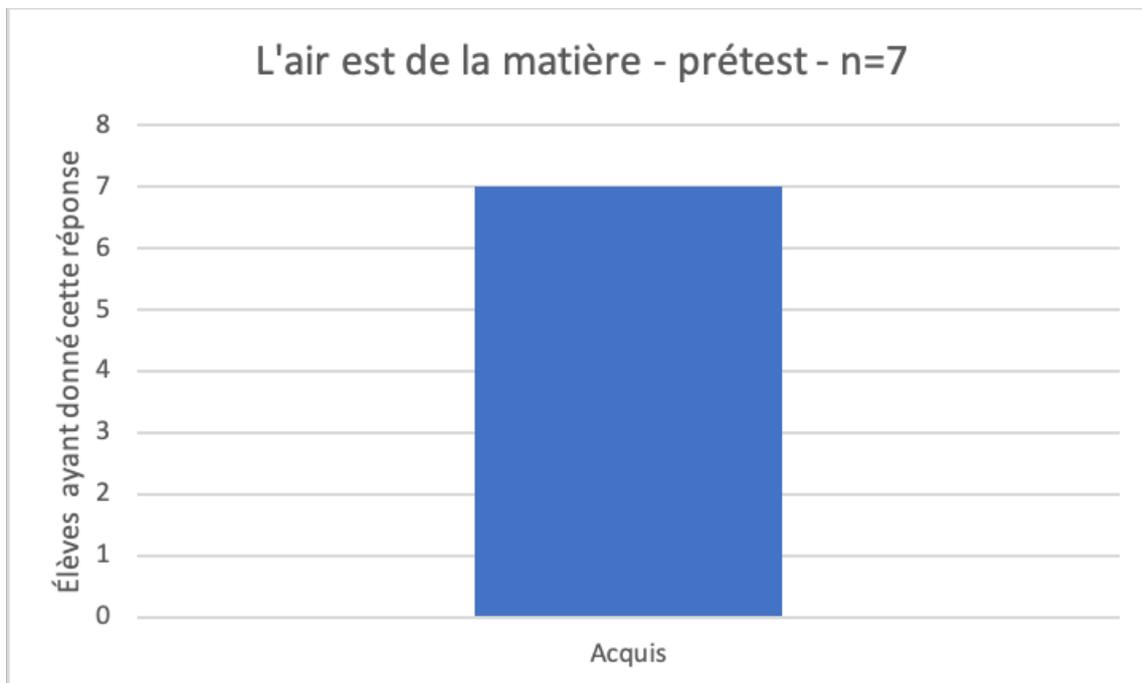


FIGURE 48 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q2 POUR "L'AIR EST DE LA MATIÈRE"

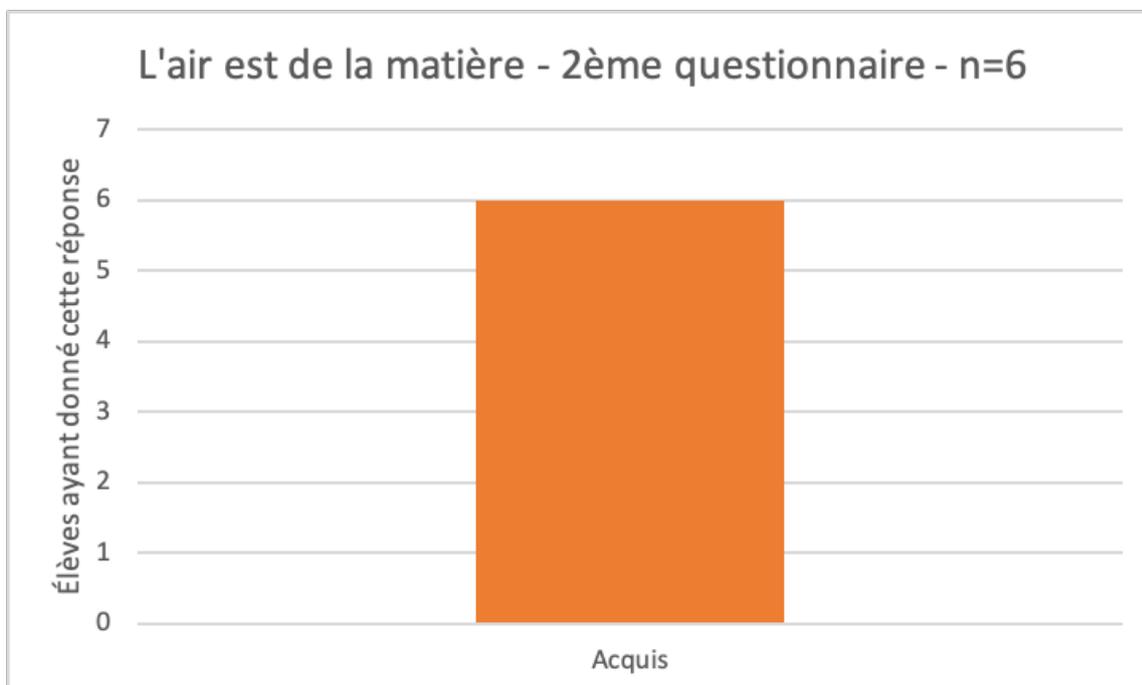


FIGURE 49 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q3 POUR "L'AIR EST DE LA MATIÈRE"

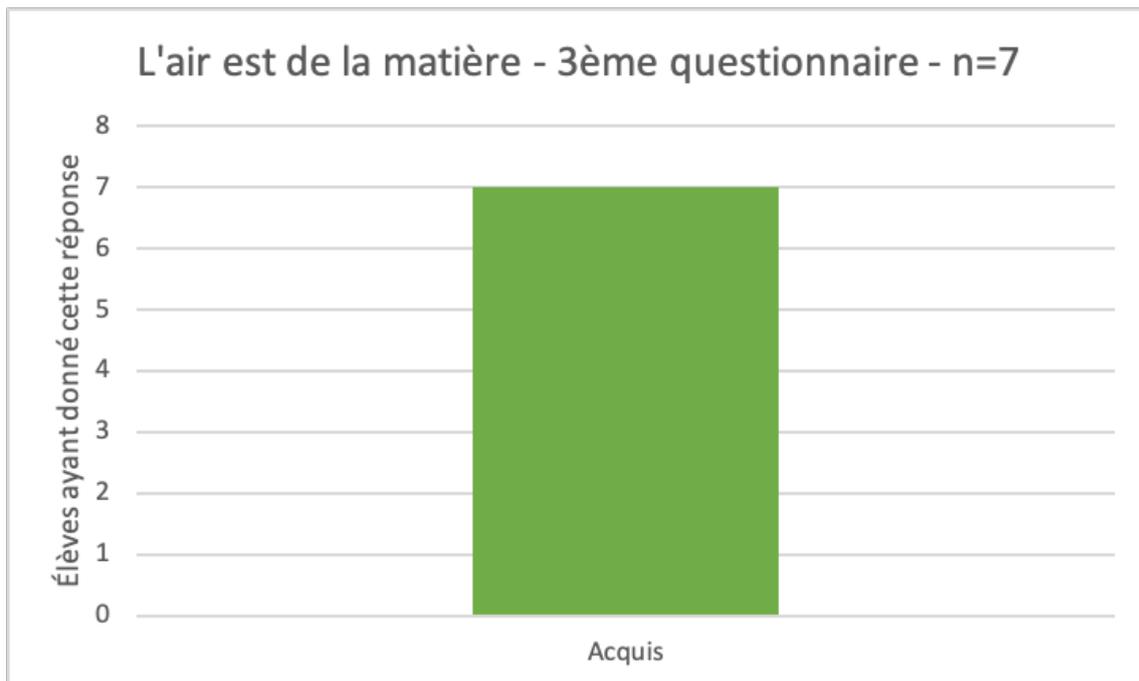


FIGURE 50 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q1 POUR "L'AIR EST DE LA MATIÈRE"

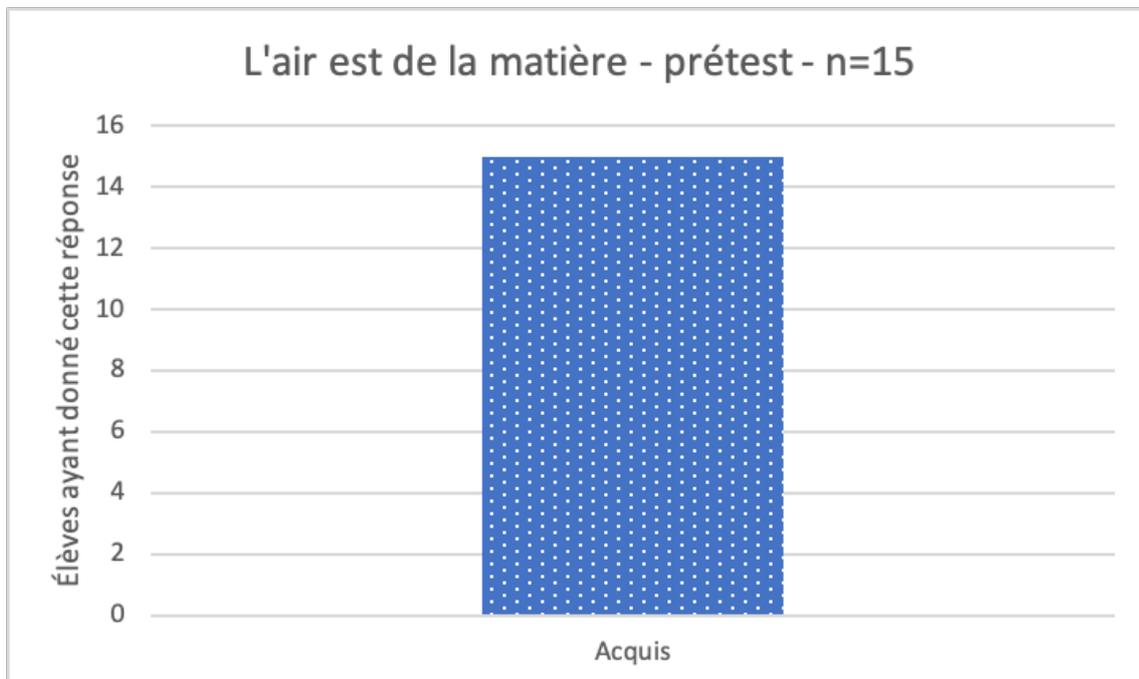


FIGURE 51 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR "L'AIR EST DE LA MATIÈRE"

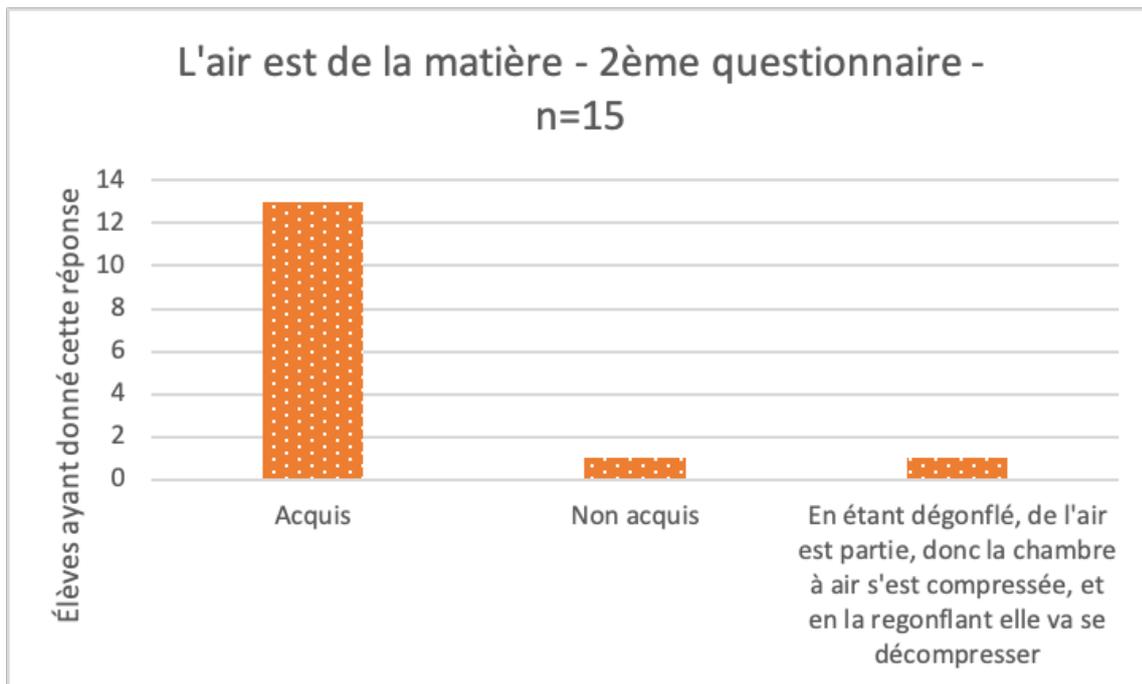
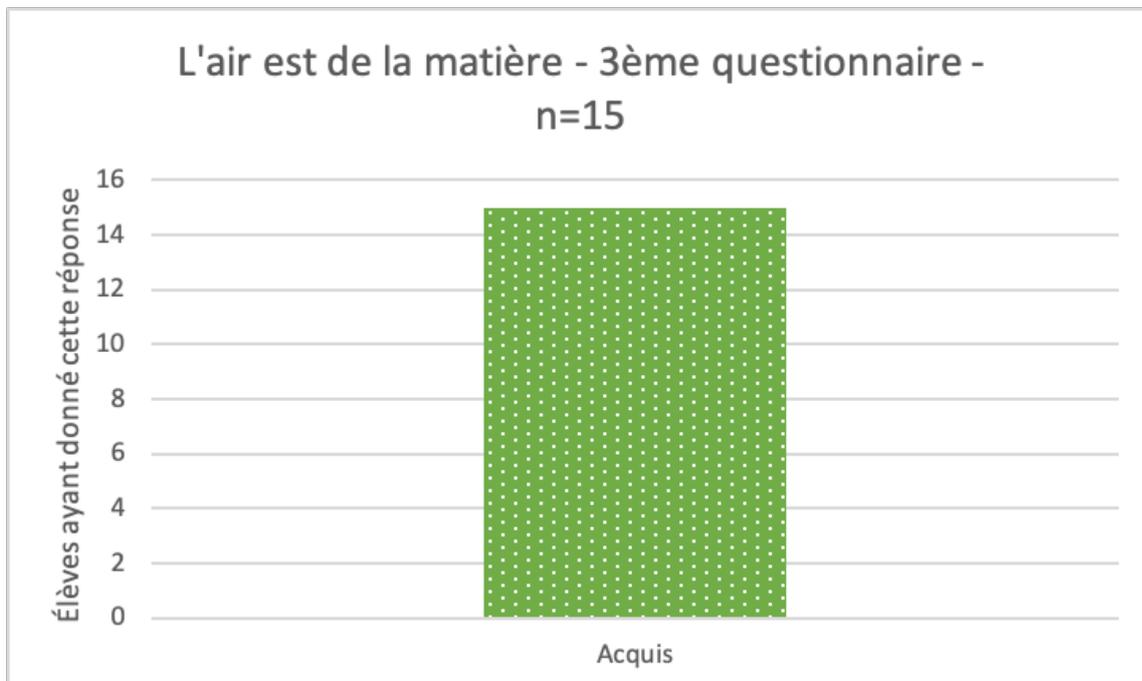


FIGURE 52 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q3 POUR "L'AIR EST DE LA MATIÈRE"



CONFUSION ENTRE LA FORME ET LE VOLUME

FIGURE 53 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR "CONFUSION ENTRE LA FORME ET LE VOLUME"

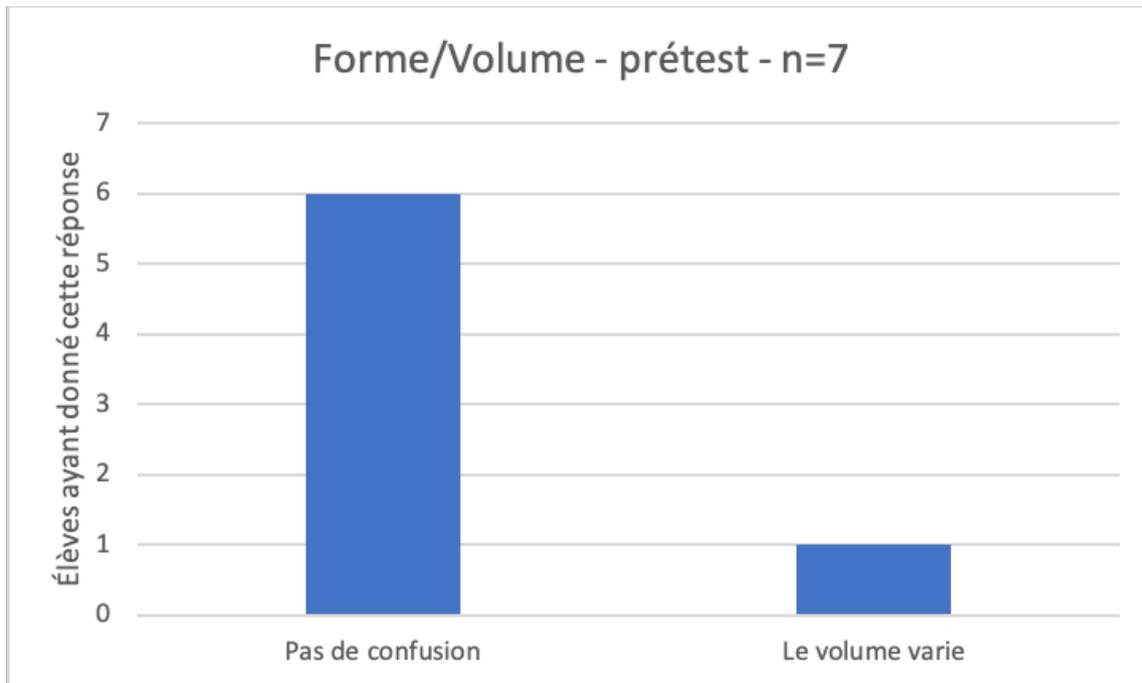


FIGURE 54 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q2 POUR "CONFUSION ENTRE LA FORME ET LE VOLUME"

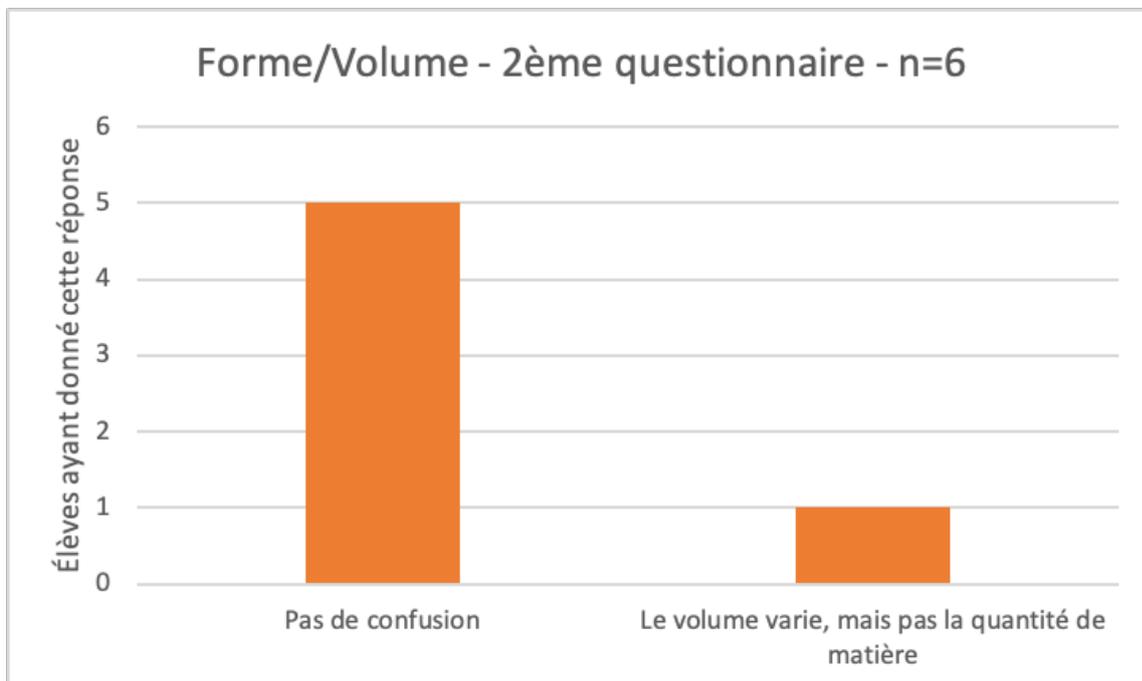


FIGURE 55 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q3 POUR "CONFUSION ENTRE LA FORME ET LE VOLUME"

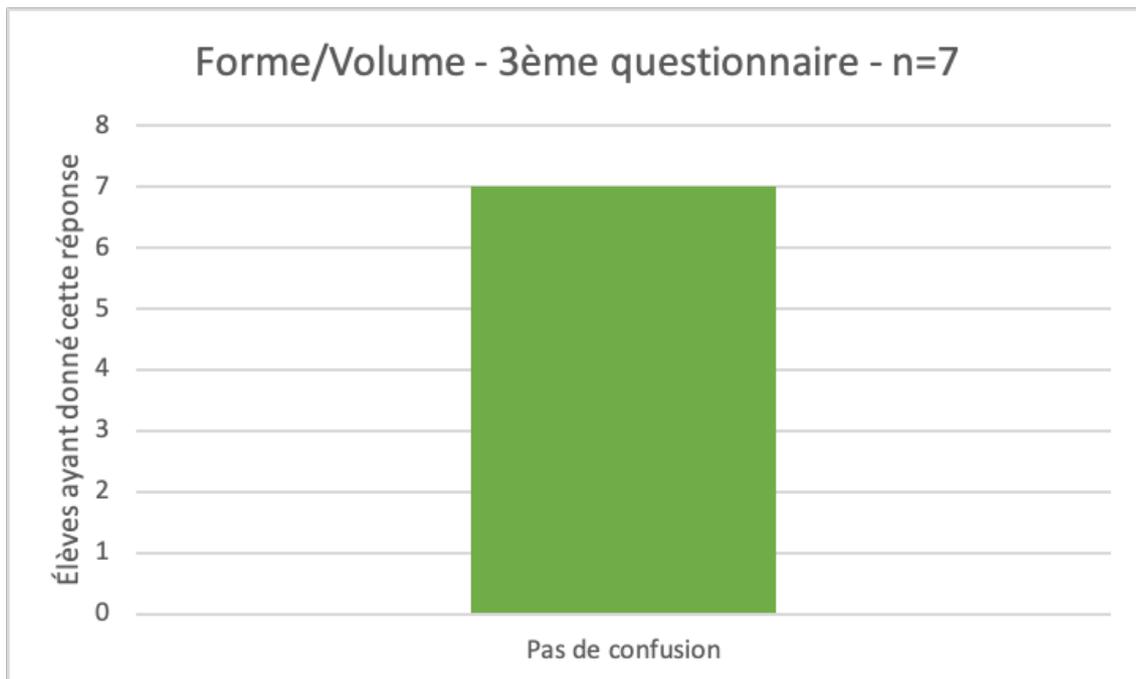


FIGURE 56 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q1 POUR "CONFUSION ENTRE LA FORME ET LE VOLUME"

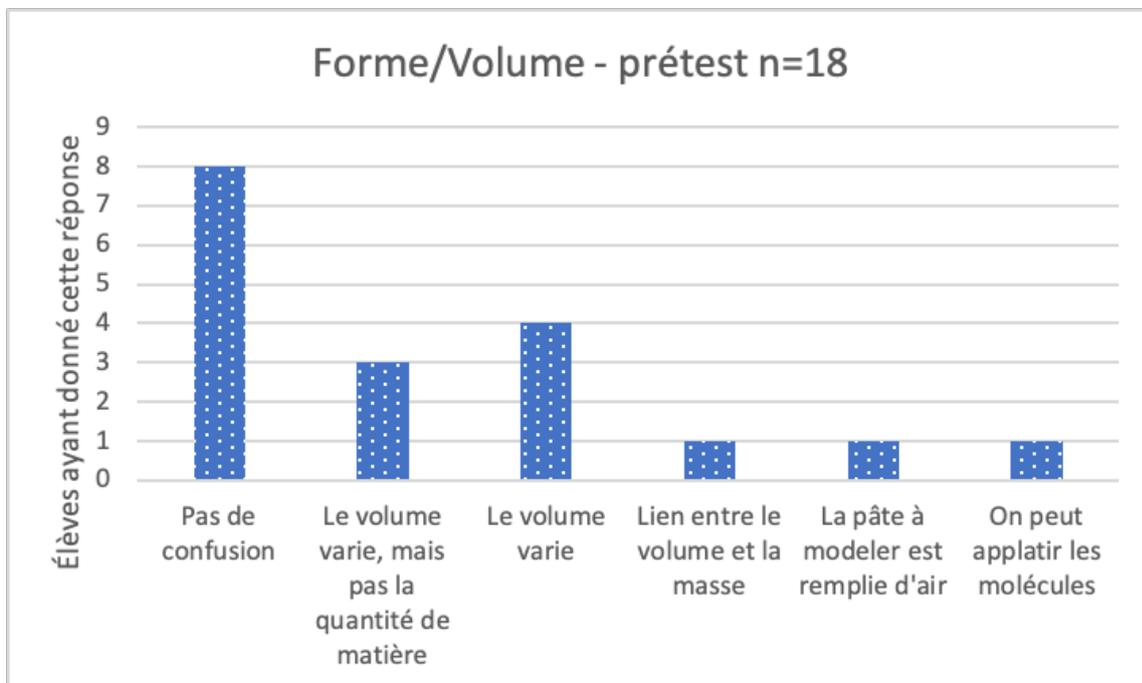


FIGURE 57 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR "CONFUSION ENTRE LA FORME ET LE VOLUME"

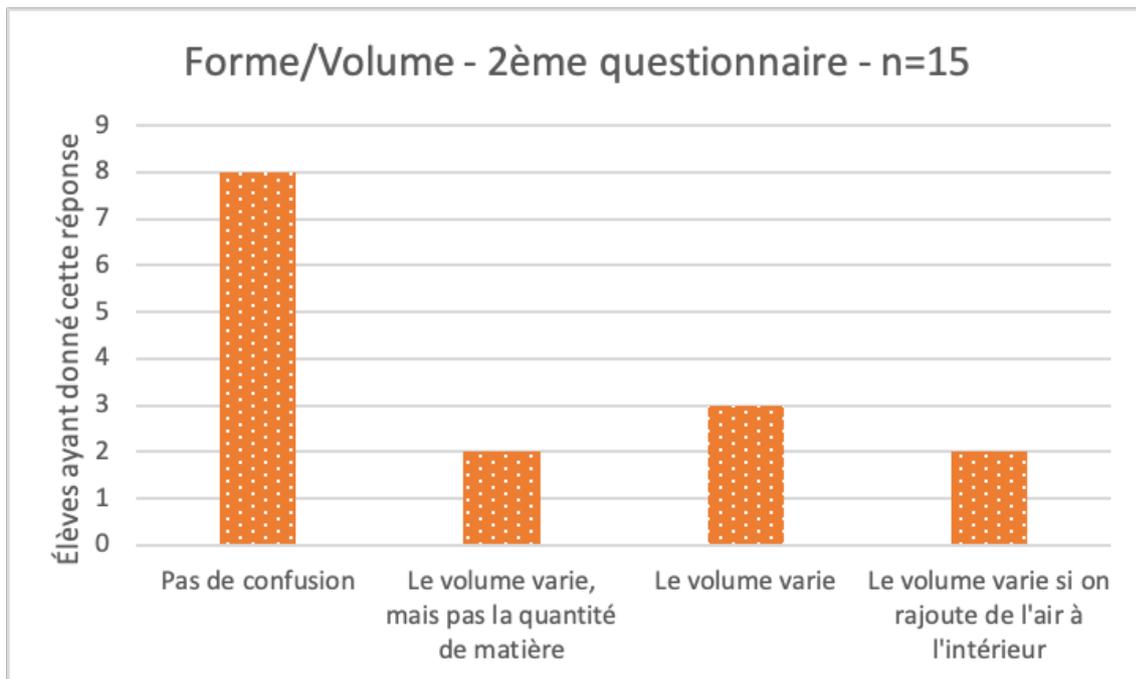
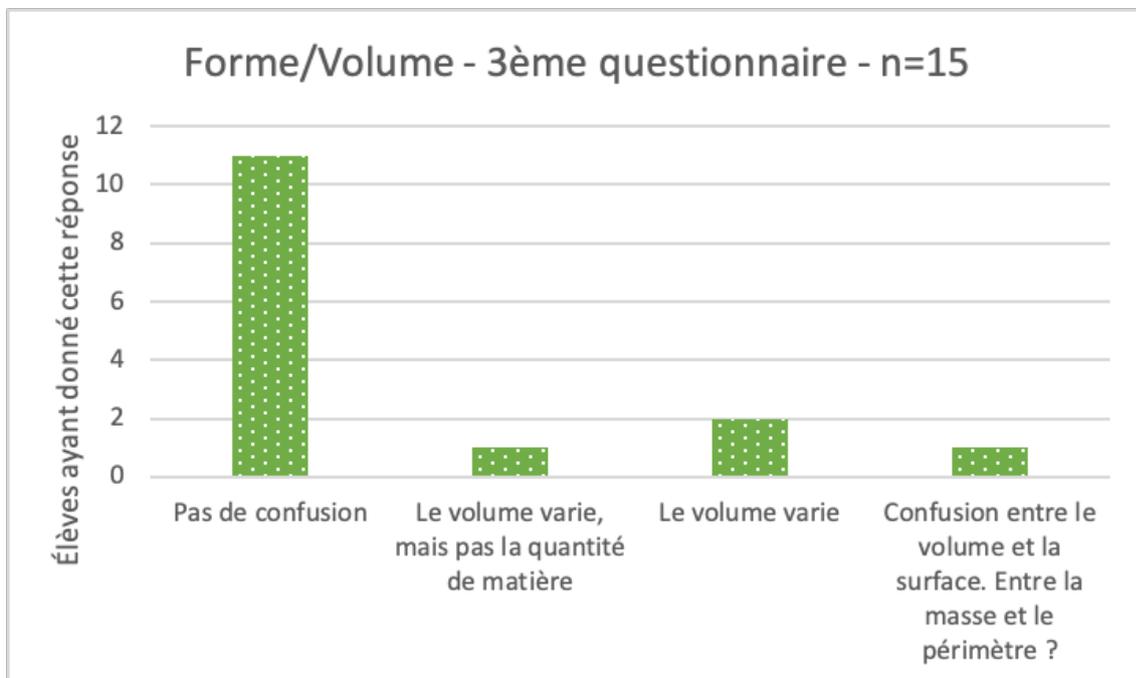


FIGURE 58 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q3 POUR "CONFUSION ENTRE LA FORME ET LE VOLUME"



LE VOLUME PAR IMMERSION

FIGURE 59 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR LE VOLUME PAR IMMERSION

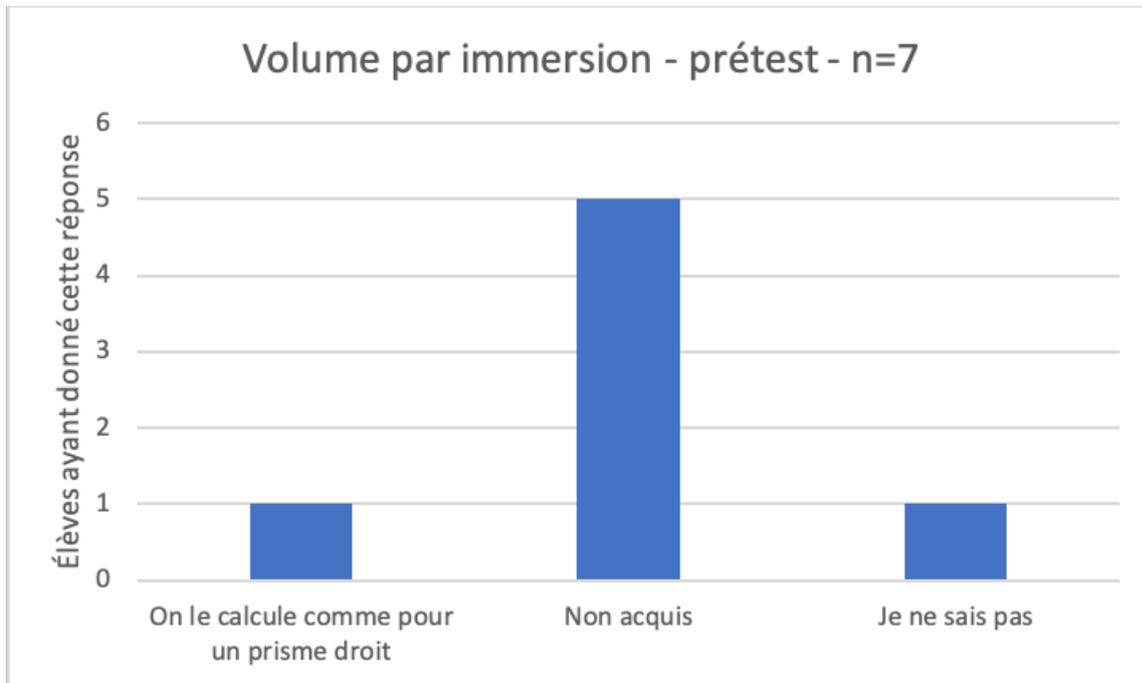


FIGURE 60 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q2 POUR LE VOLUME PAR IMMERSION

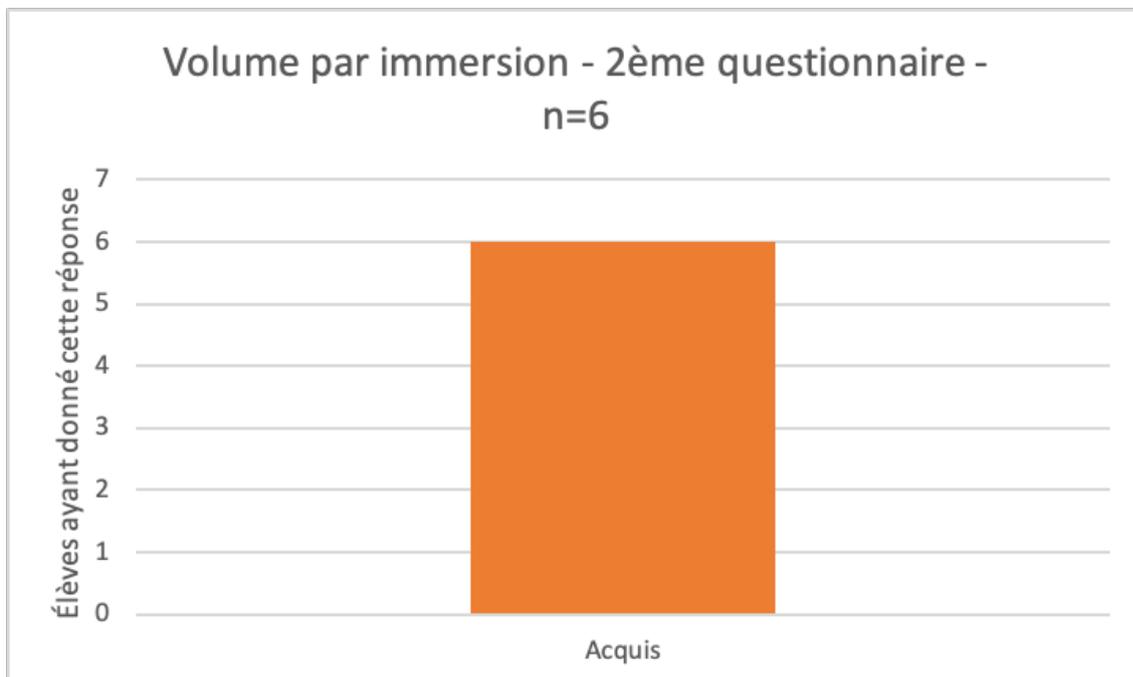


FIGURE 61 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q3 POUR LE VOLUME PAR IMMERSION

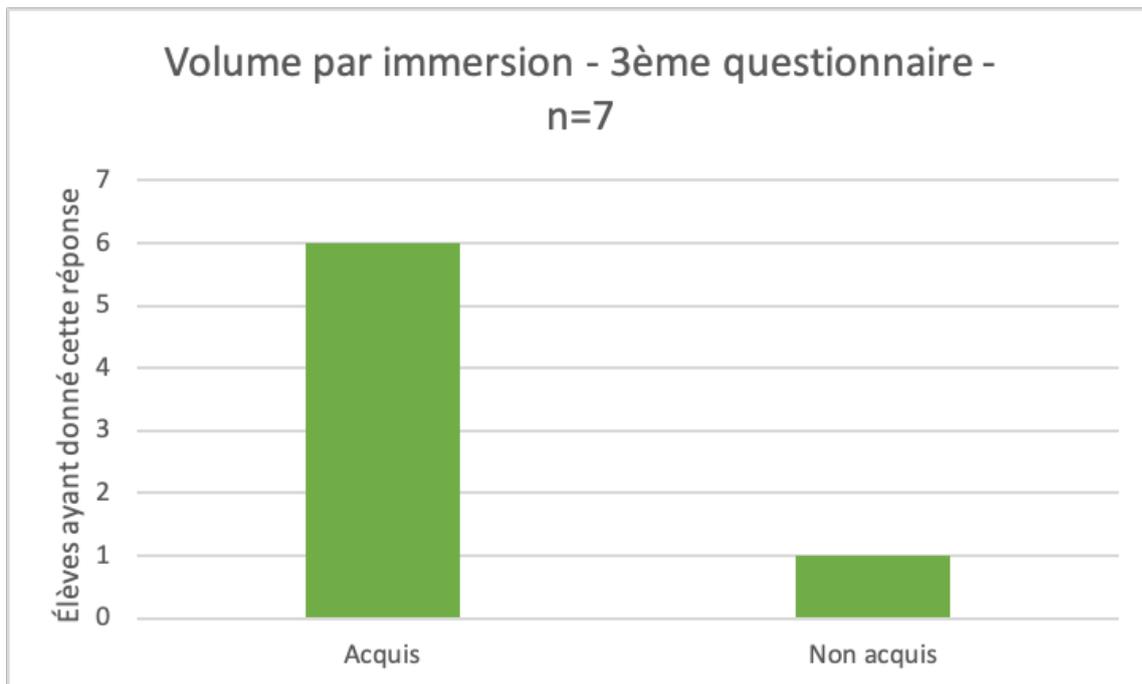


FIGURE 62 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q1 POUR LE VOLUME PAR IMMERSION

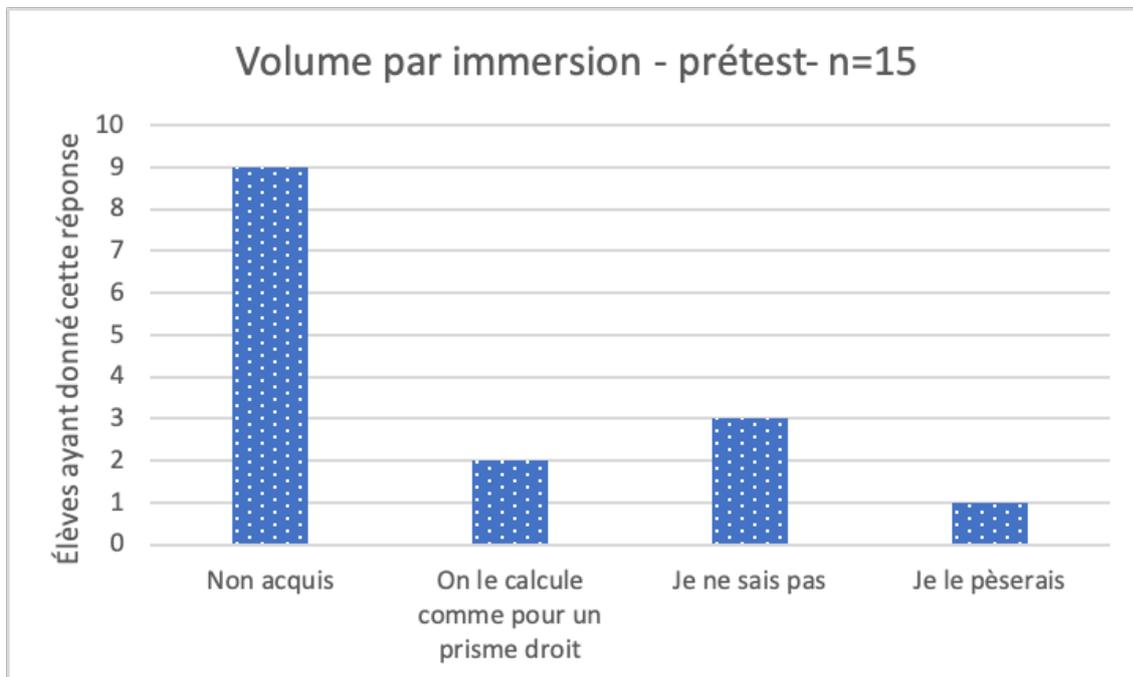


FIGURE 63 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR LE VOLUME PAR IMMERSION

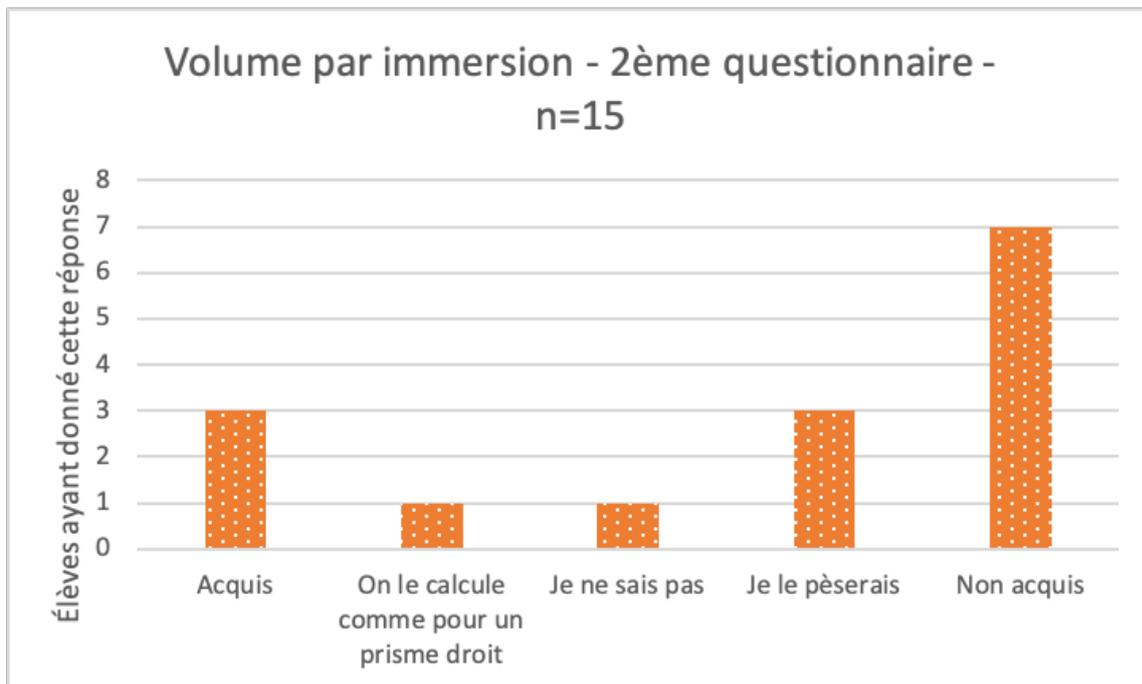
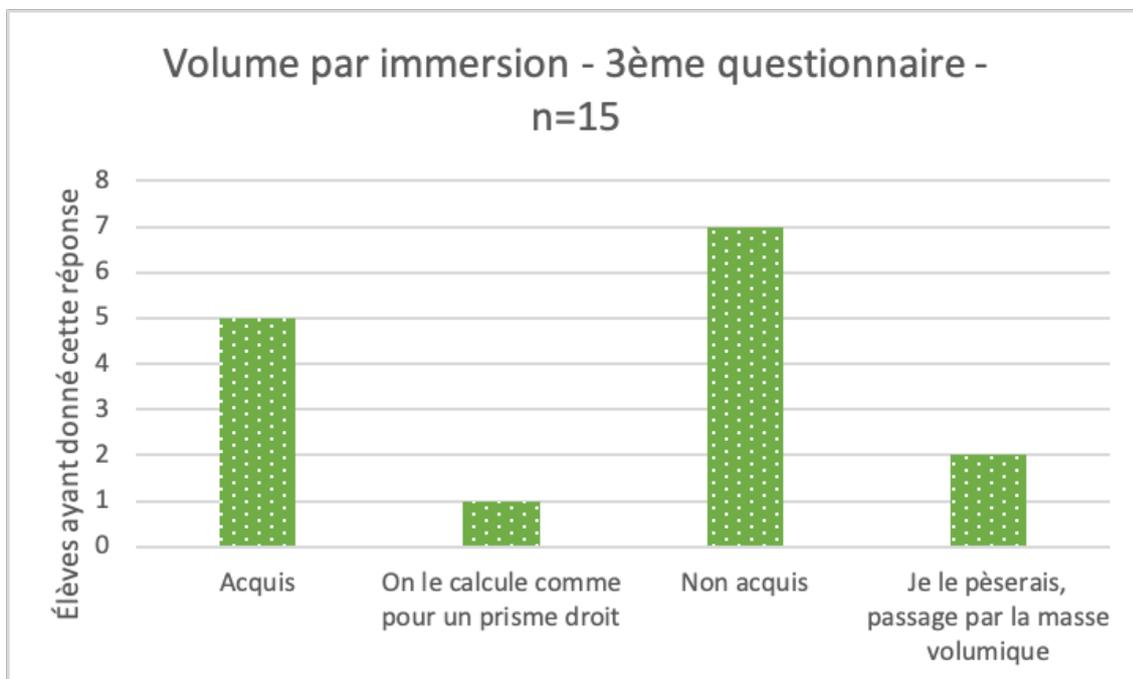


FIGURE 64 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q3 POUR LE VOLUME PAR IMMERSION



L'huile est-elle plus légère que l'eau ?

FIGURE 65 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR "L'HUILE EST-ELLE PLUS LÉGÈRE QUE L'EAU ?"

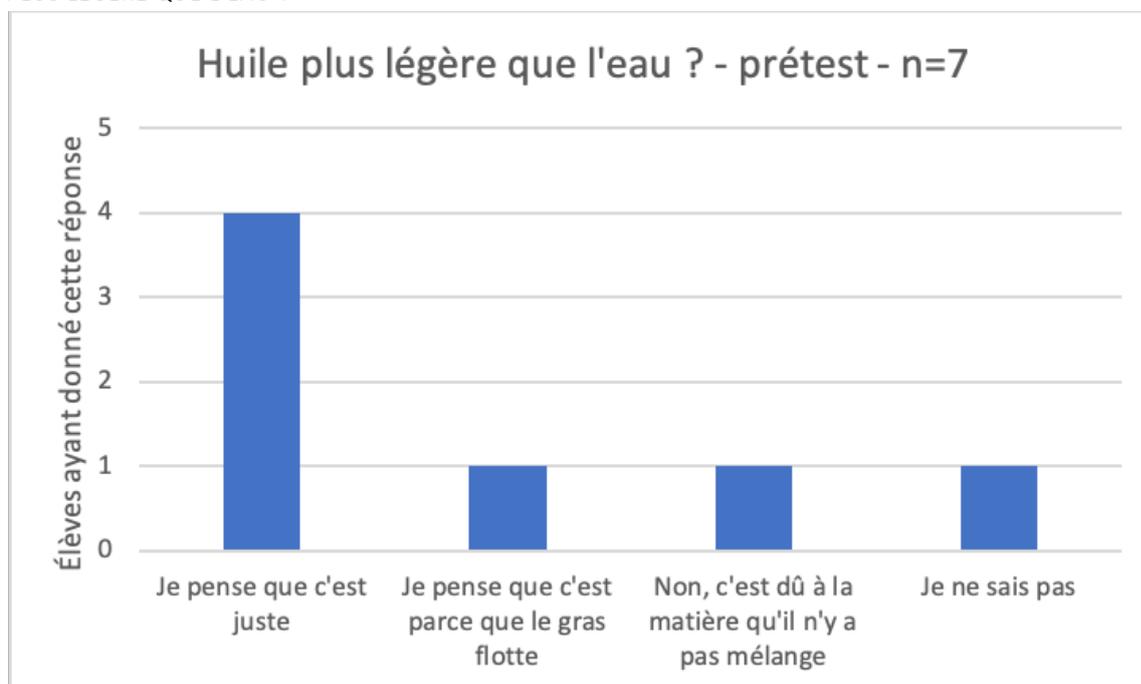


FIGURE 66 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q2 POUR "L'HUILE EST-ELLE PLUS LÉGÈRE QUE L'EAU ?"

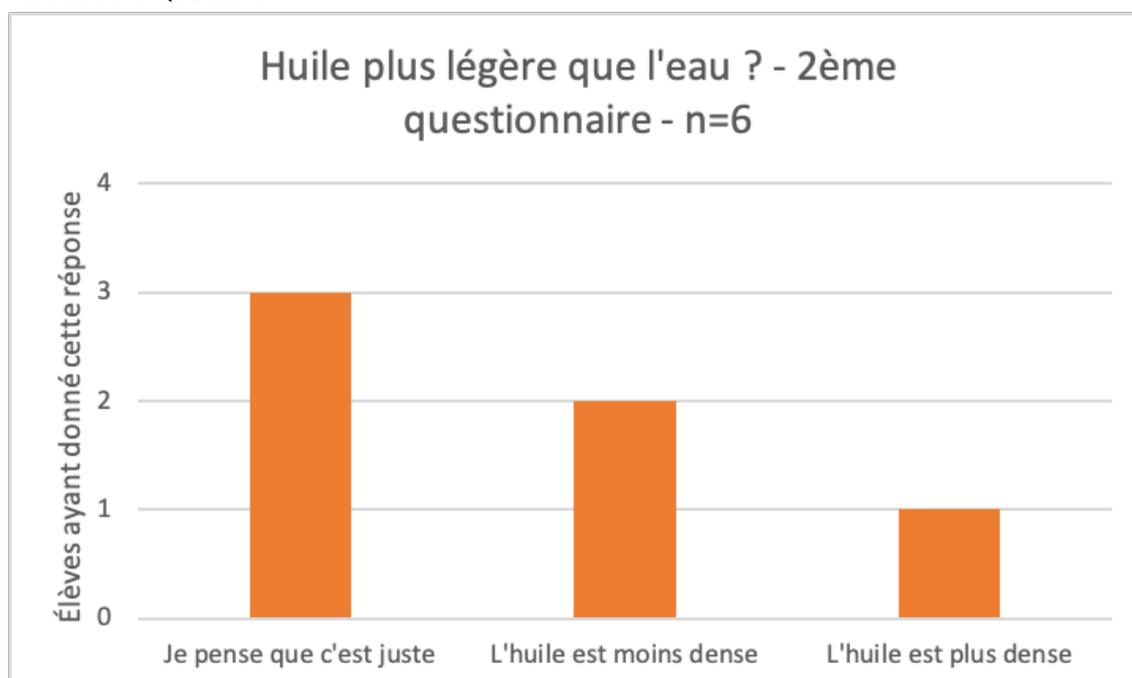


FIGURE 67 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q3 POUR "L'HUILE EST-ELLE PLUS LÉGÈRE QUE L'EAU ?"

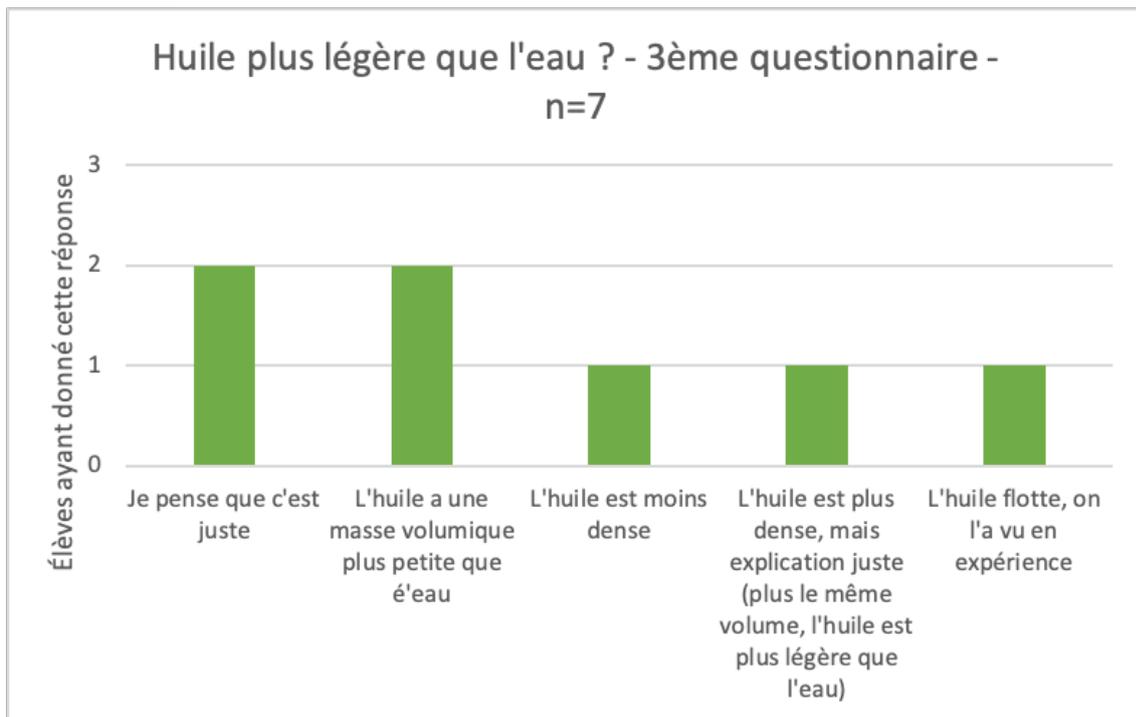


FIGURE 68 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR "L'HUILE EST-ELLE PLUS LÉGÈRE QUE L'EAU ?"

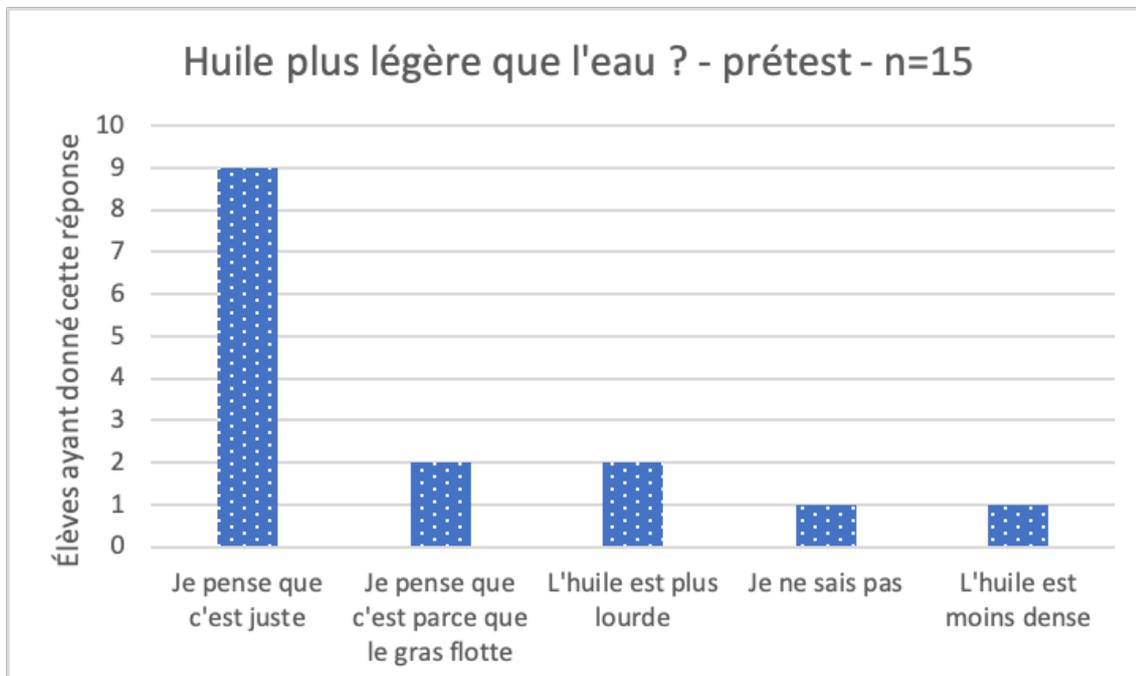


FIGURE 69 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR "L'HUILE EST-ELLE PLUS LÉGÈRE QUE L'EAU ?"

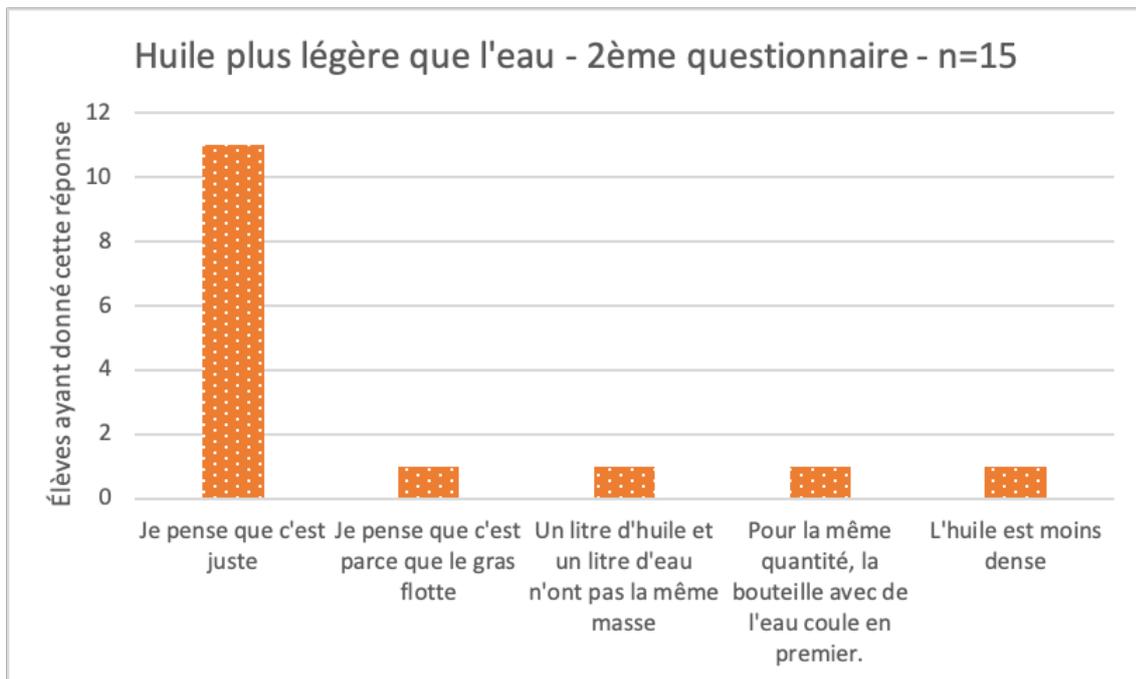
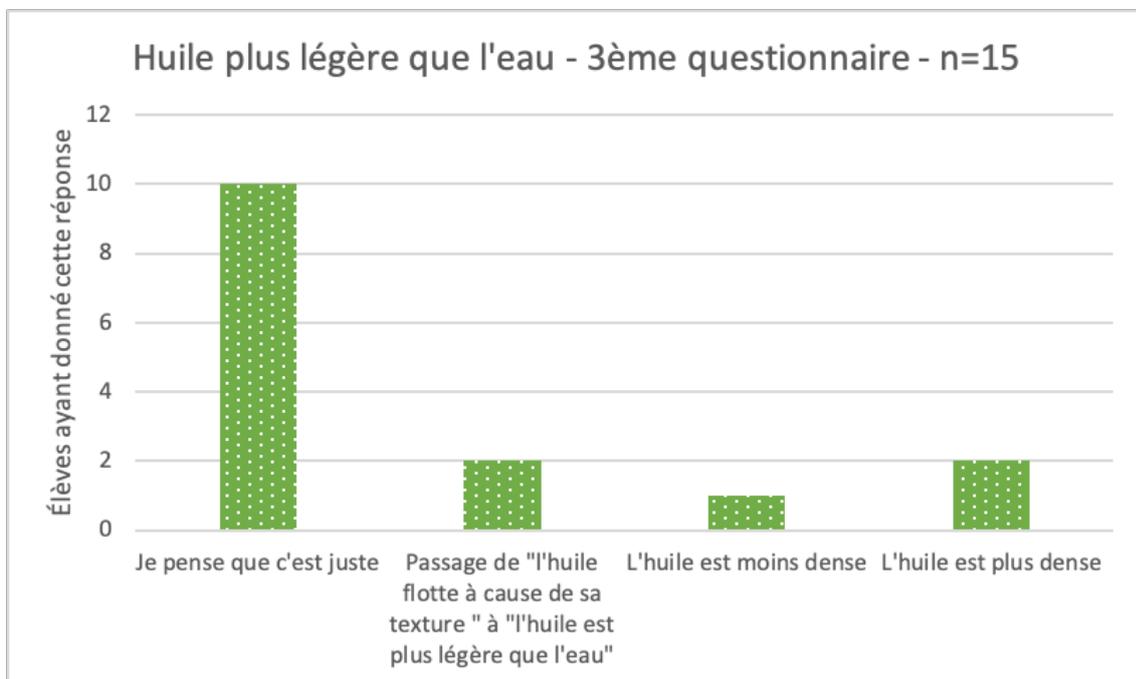


FIGURE 70 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q3 POUR "L'HUILE EST-ELLE PLUS LÉGÈRE QUE L'EAU ?"



L'EXPÉRIENCE DES DEUX BOUTEILLES

FIGURE 71 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR L'EXPÉRIENCE AVEC LES DEUX BOUTEILLES

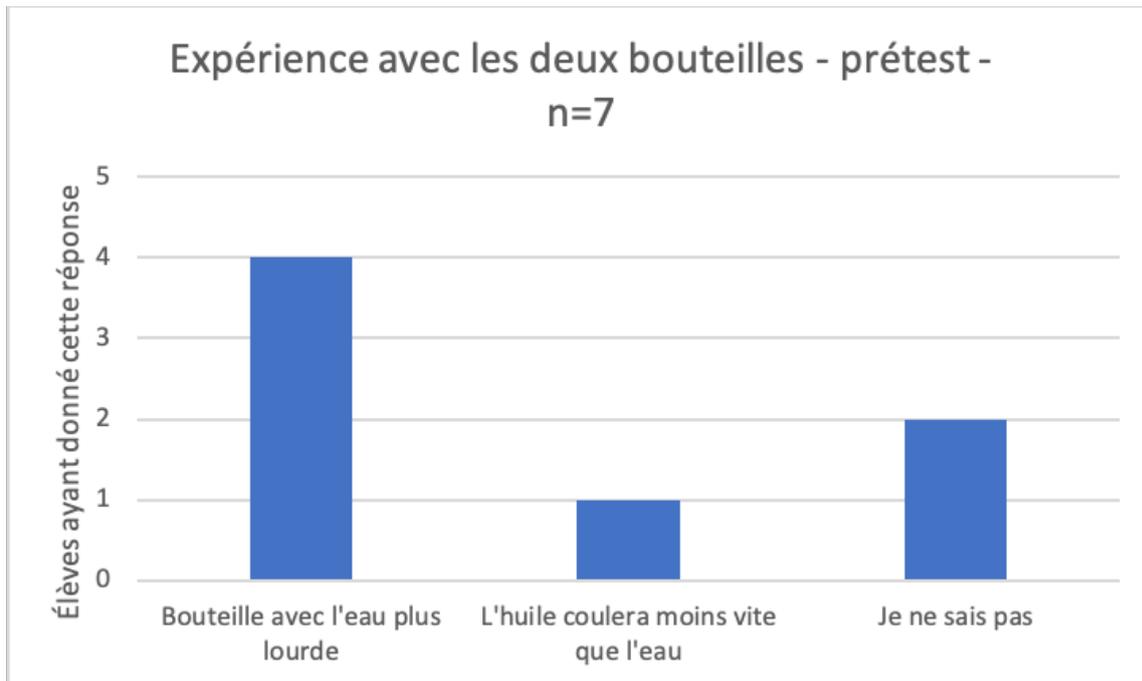


FIGURE 72 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q2 POUR L'EXPÉRIENCE AVEC LES DEUX BOUTEILLES

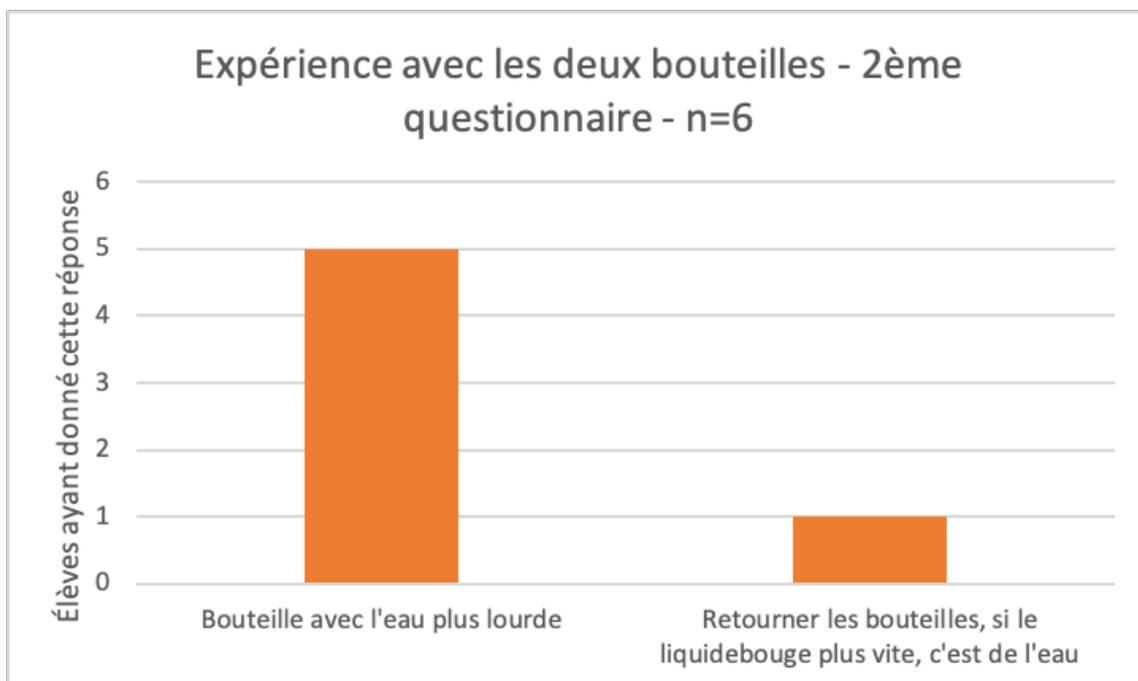


FIGURE 73 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q3 POUR L'EXPÉRIENCE AVEC LES DEUX BOUTEILLES

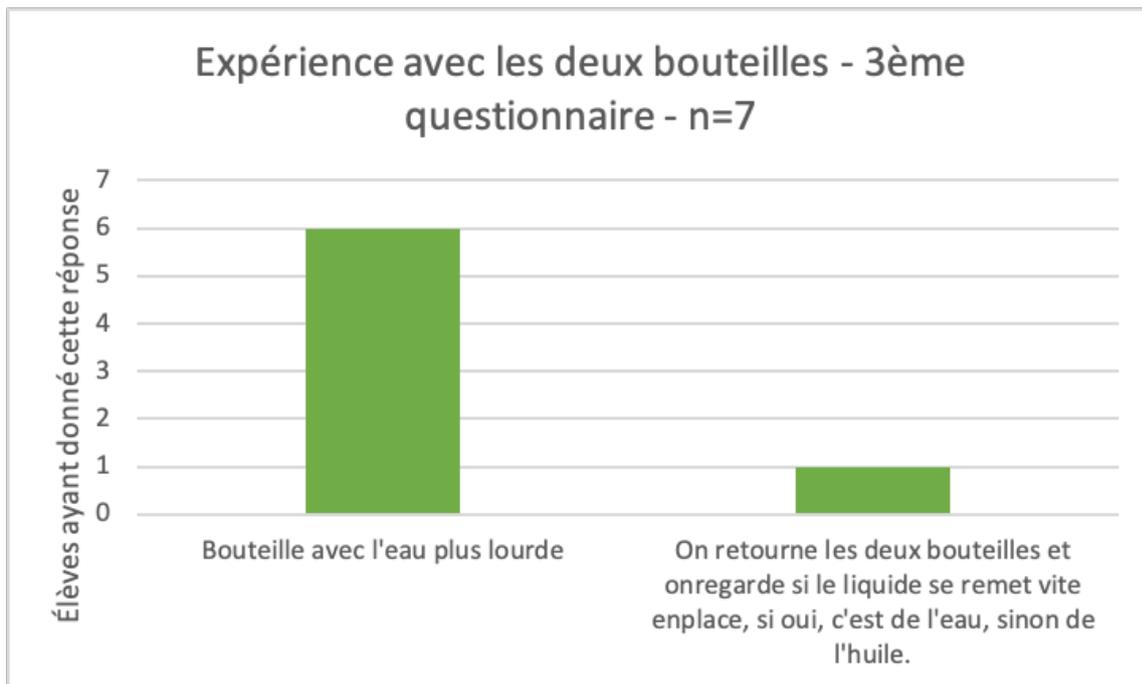


FIGURE 74 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q1 POUR L'EXPÉRIENCE AVEC LES DEUX BOUTEILLES

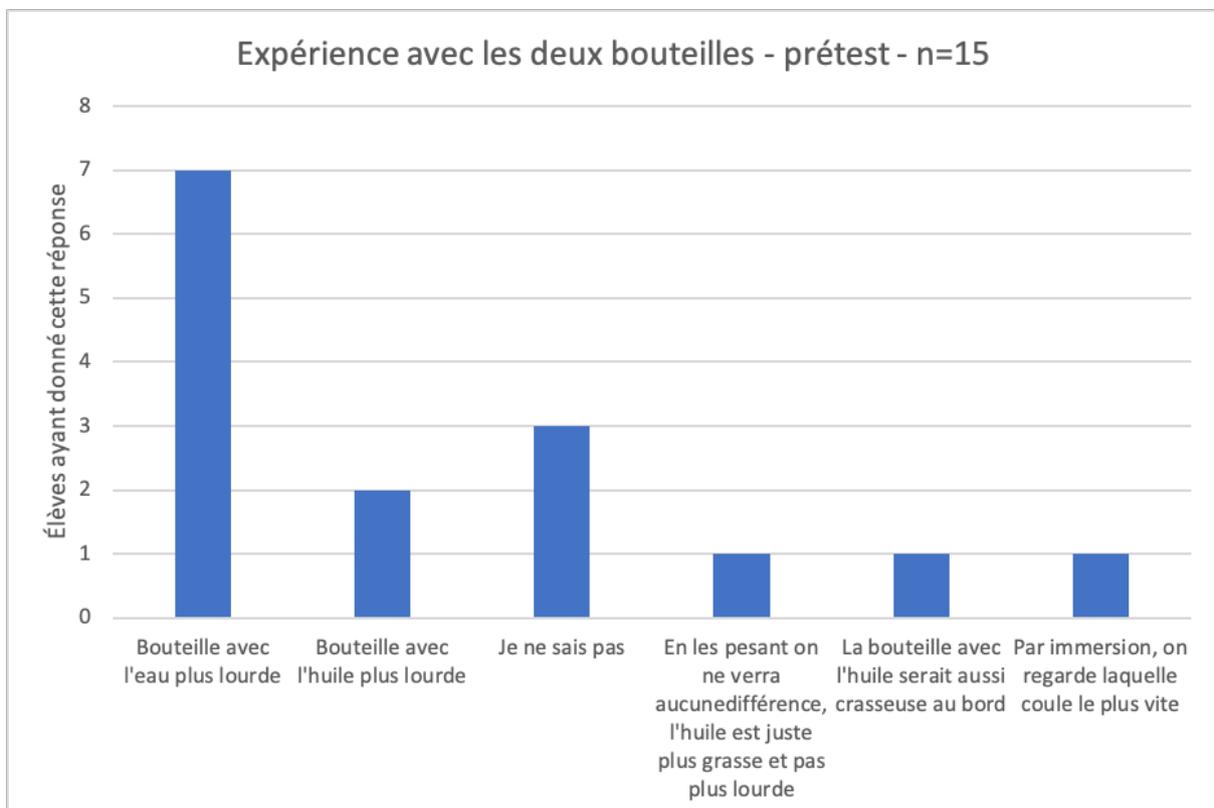


FIGURE 75 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR L'EXPÉRIENCE AVEC LES DEUX BOUTEILLES

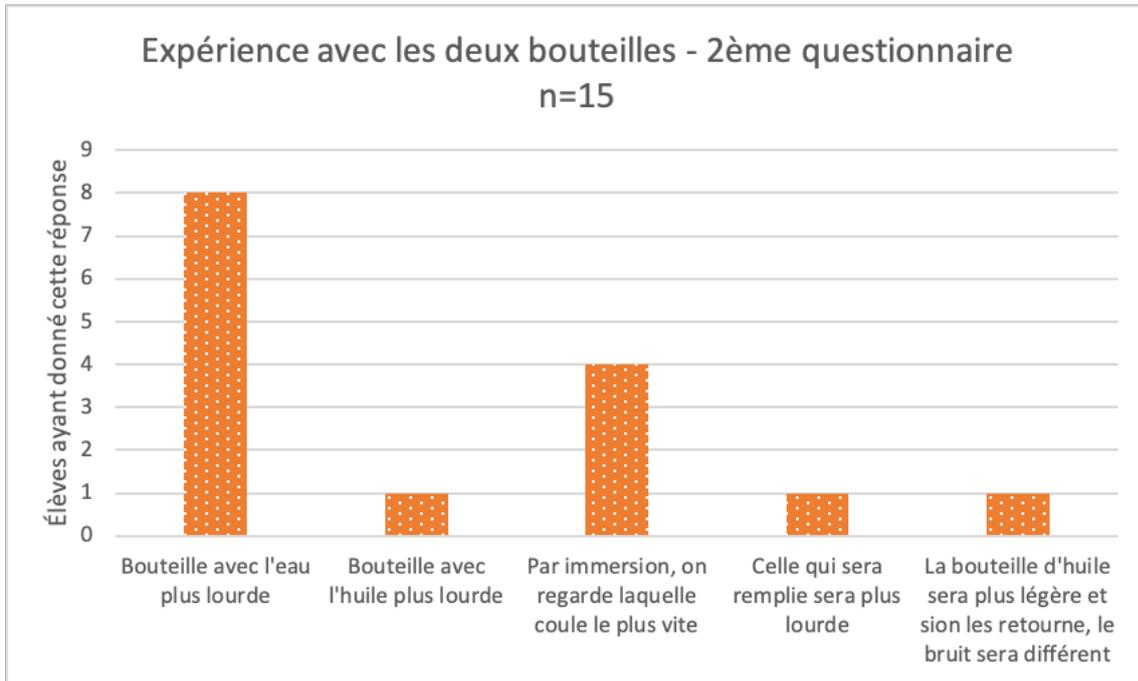
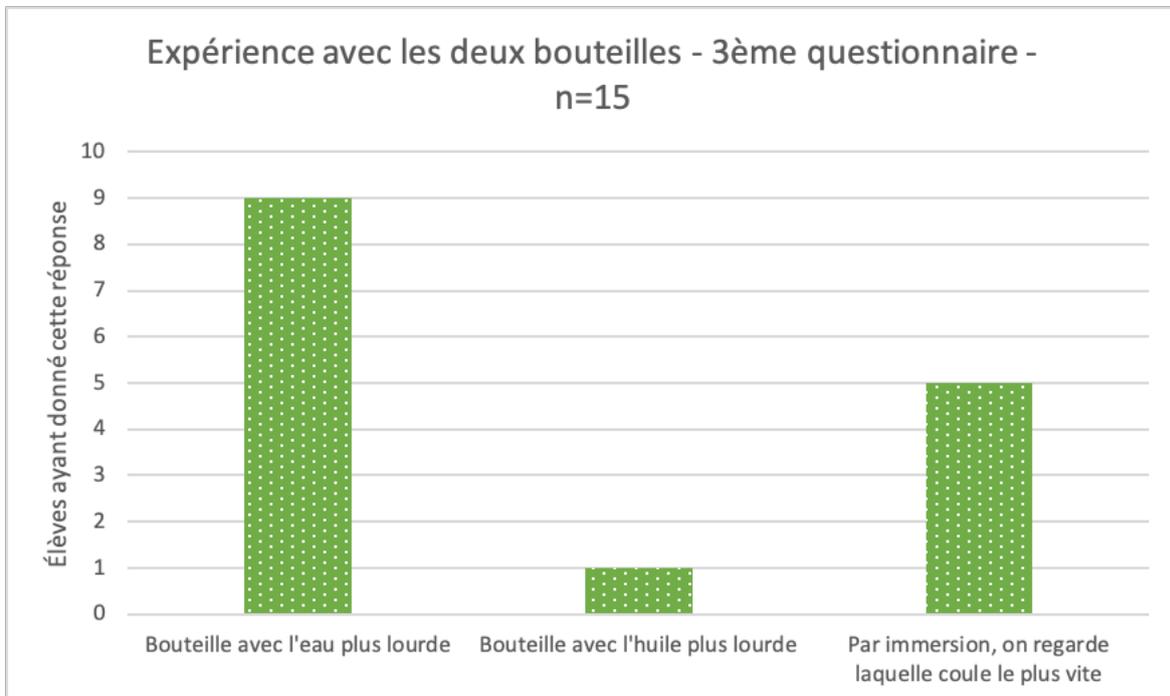


FIGURE 76 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q3 POUR L'EXPÉRIENCE AVEC LES DEUX BOUTEILLES



VARIATION DE LA MASSE

FIGURE 77 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR LA VARIATION DE LA MASSE

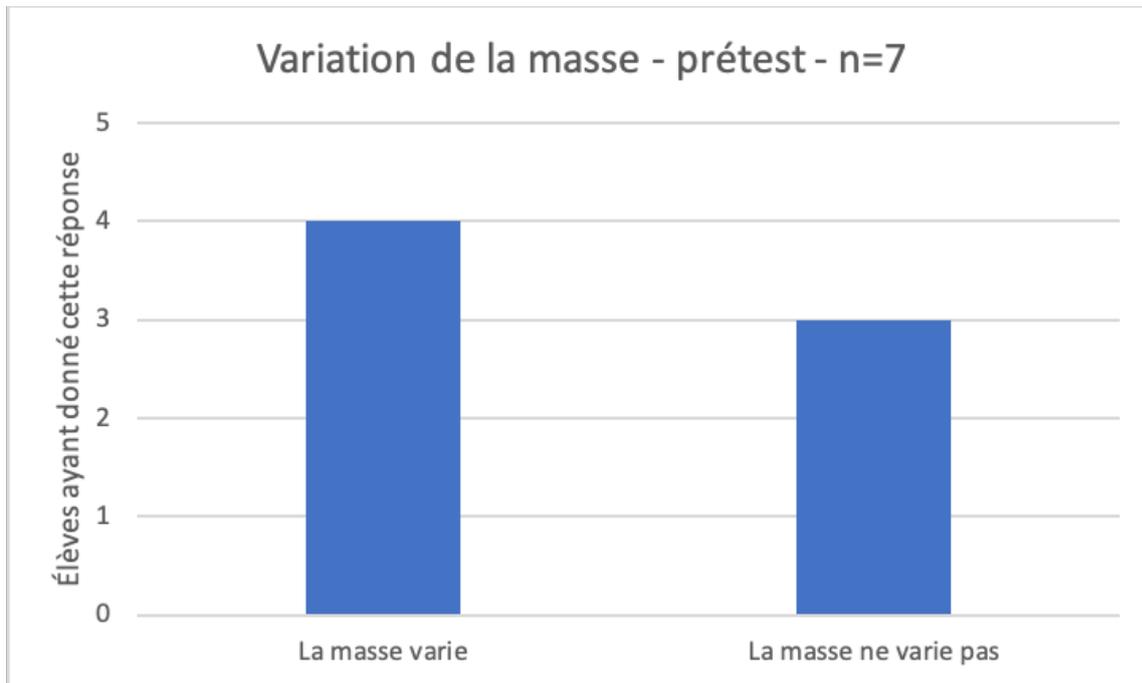


FIGURE 78 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q2 POUR LA VARIATION DE LA MASSE

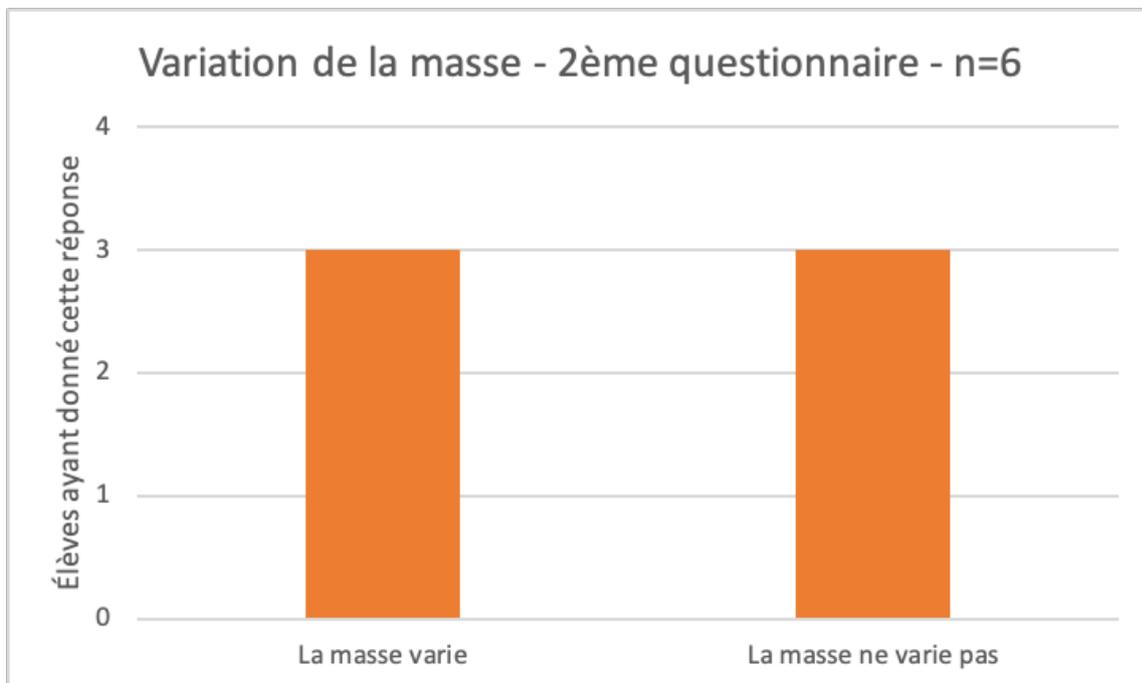


FIGURE 79 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q3 POUR LA VARIATION DE LA MASSE

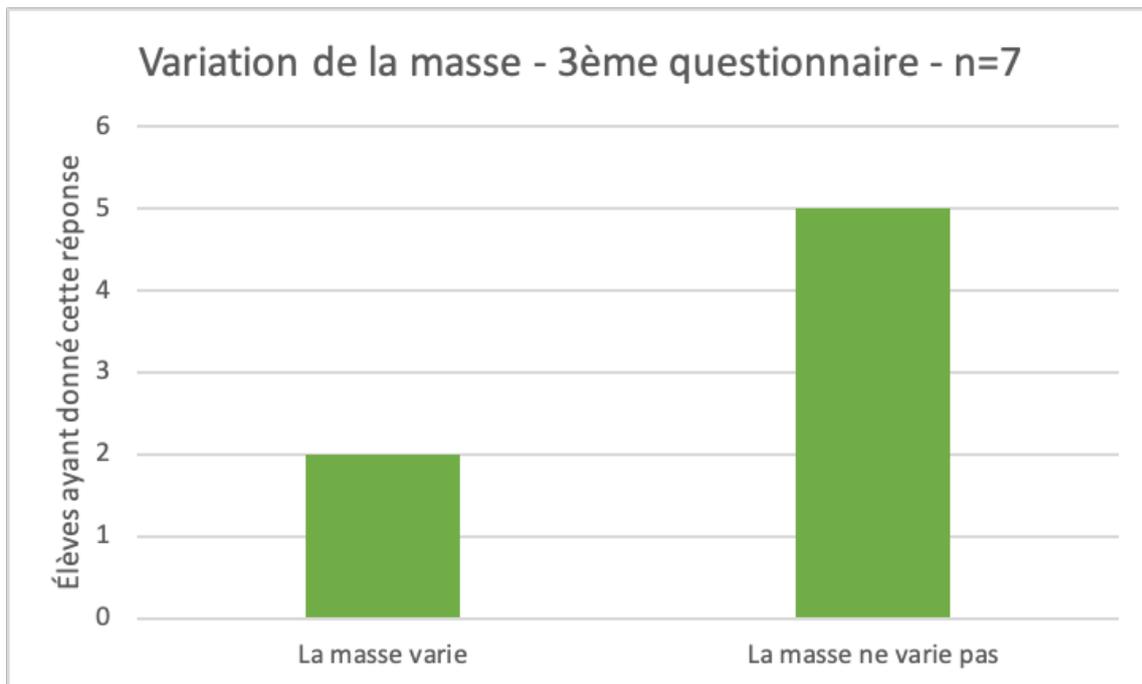


FIGURE 80 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q1 POUR LA VARIATION DE LA MASSE

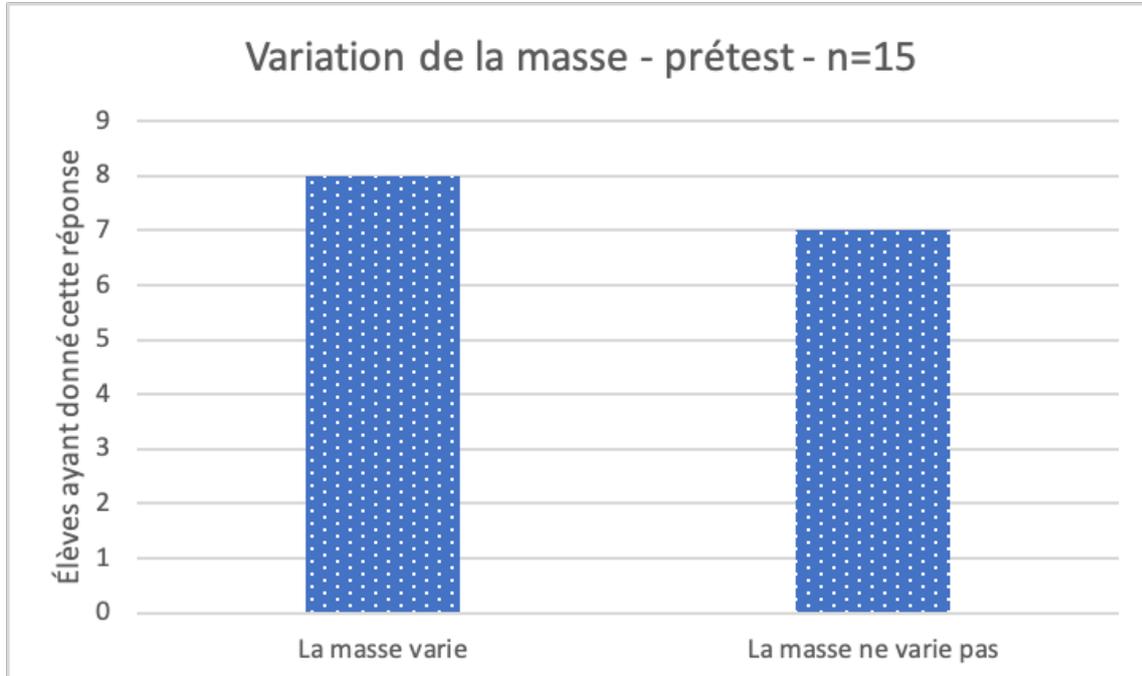


FIGURE 81 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR LA VARIATION DE LA MASSE

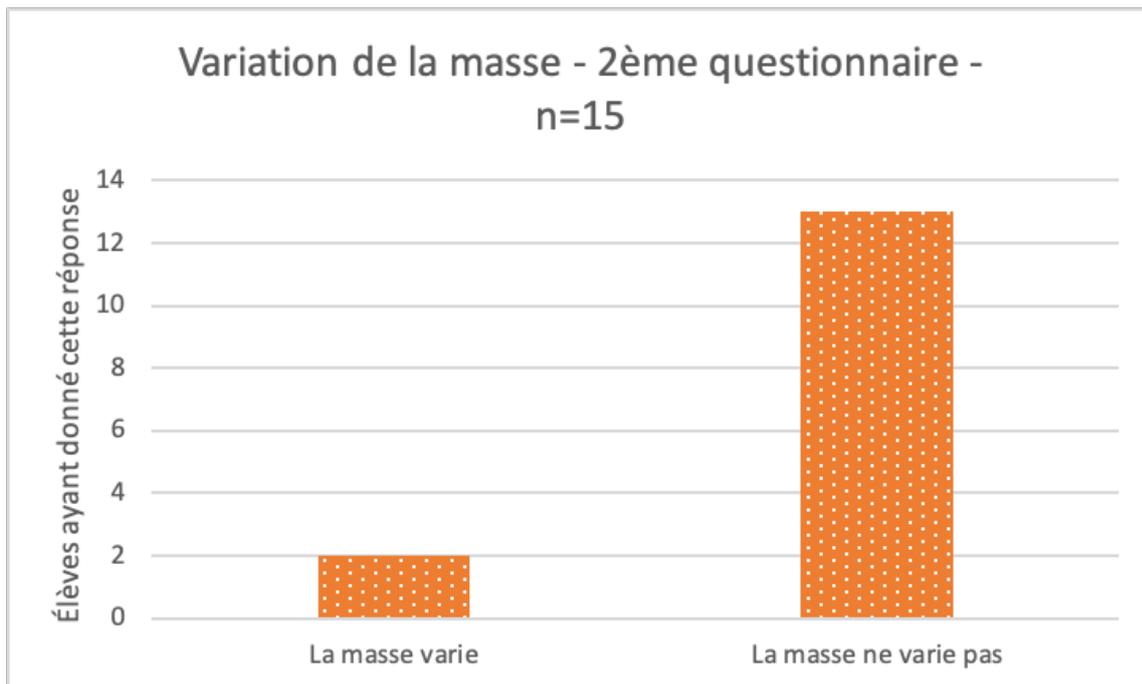
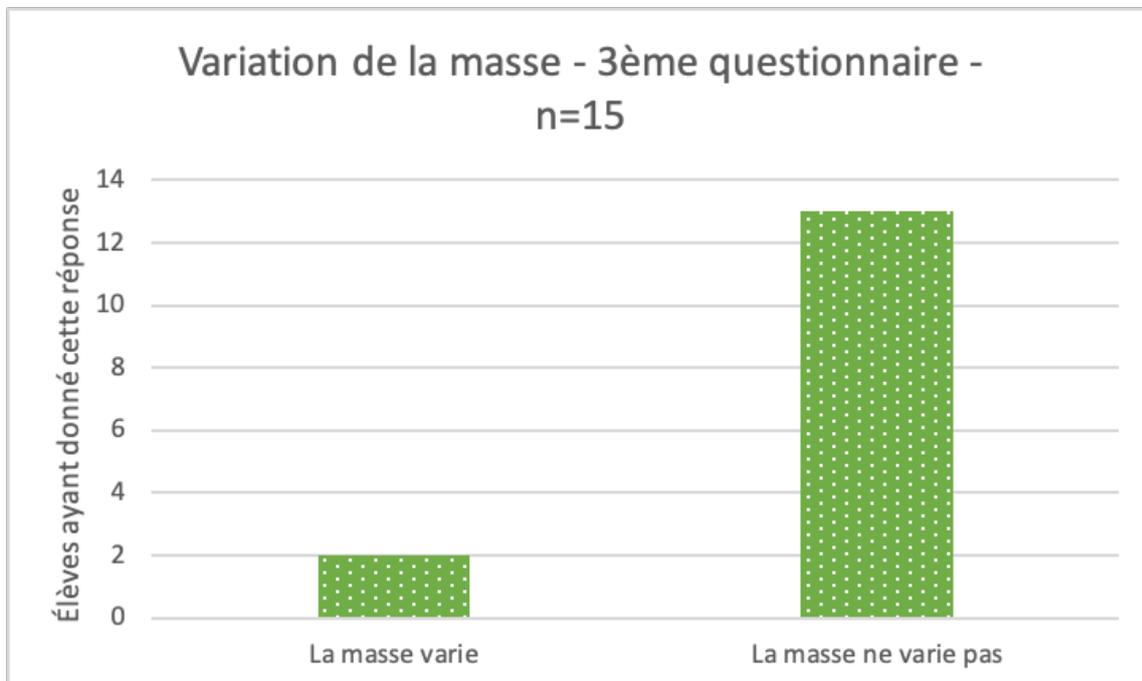


FIGURE 82 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q3 POUR LA VARIATION DE LA MASSE



VARIATION DU VOLUME

FIGURE 83 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR LA VARIATION DU VOLUME

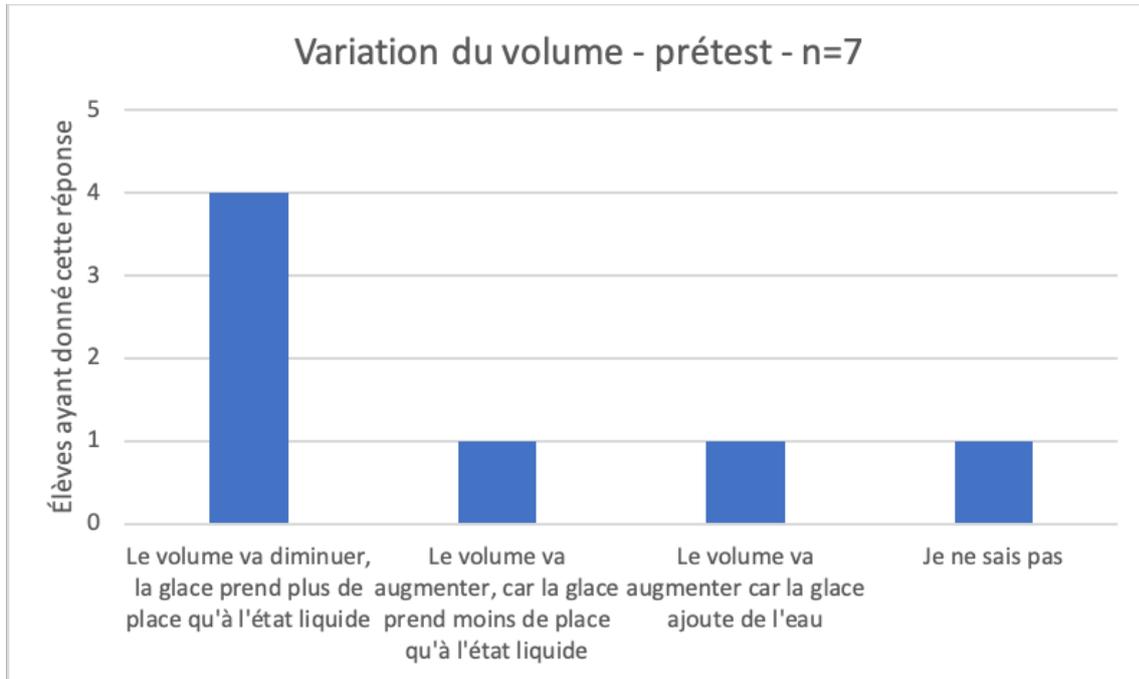


FIGURE 84 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q2 POUR LA VARIATION DU VOLUME

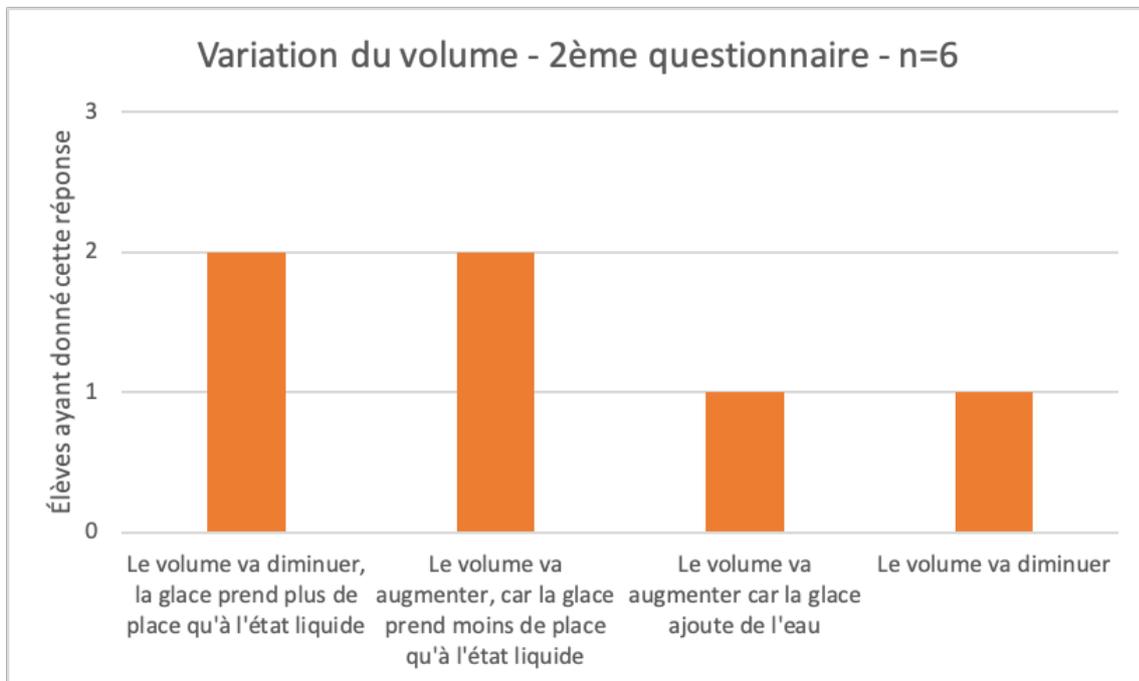


FIGURE 85 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q3 POUR LA VARIATION DU VOLUME

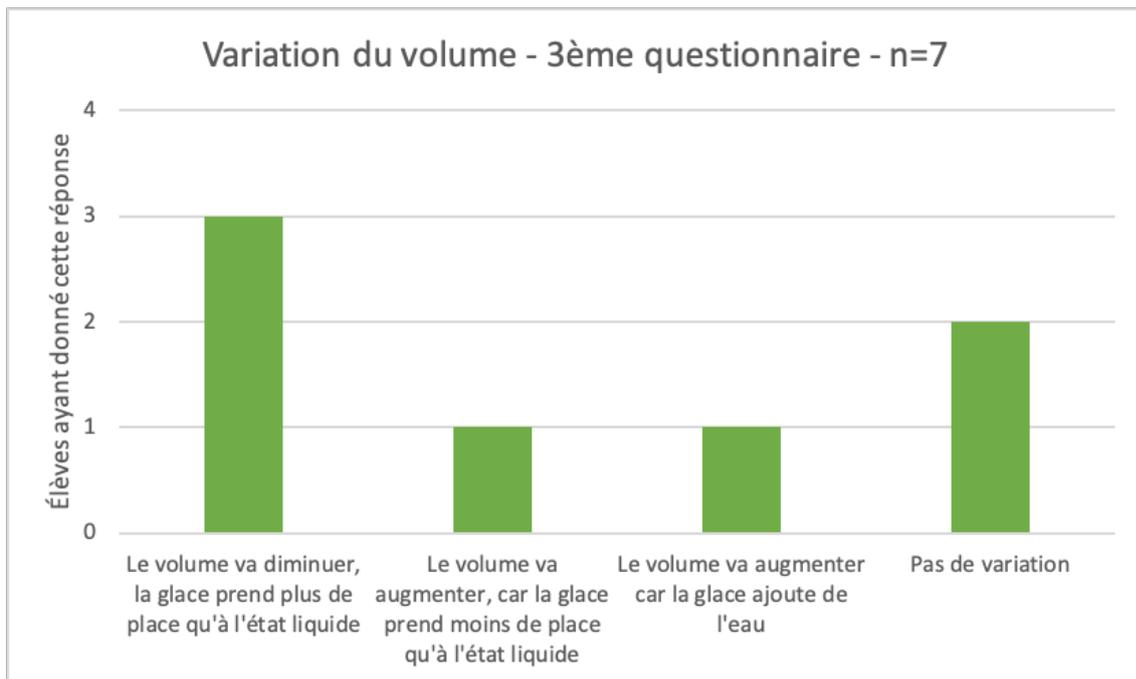


FIGURE 86 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q1 POUR LA VARIATION DU VOLUME

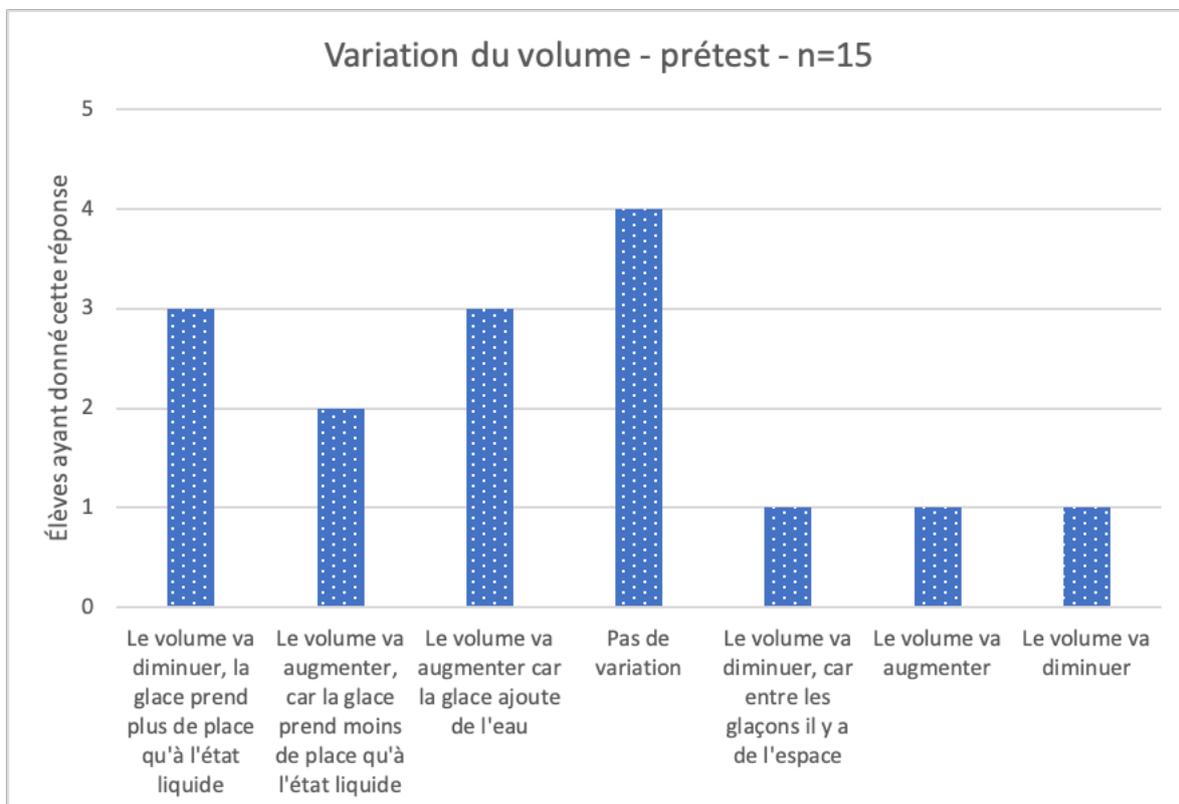


FIGURE 87 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR LA VARIATION DU VOLUME

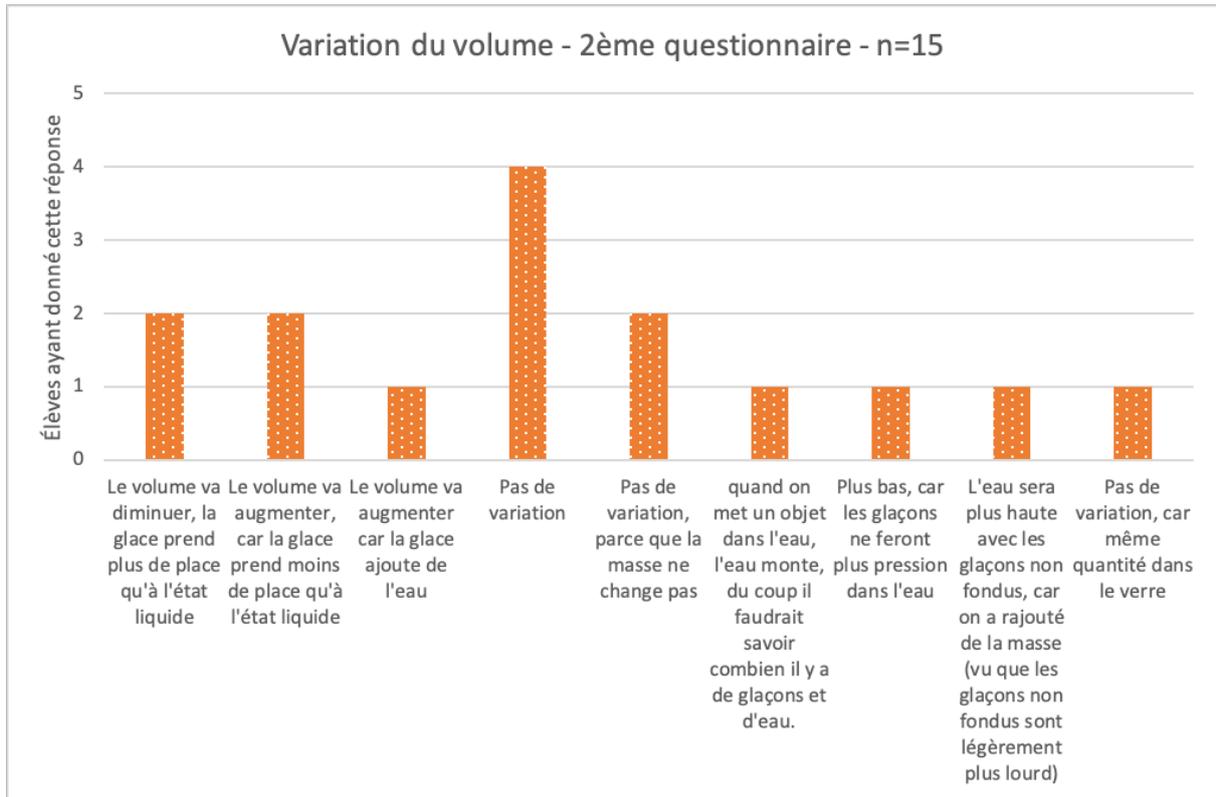
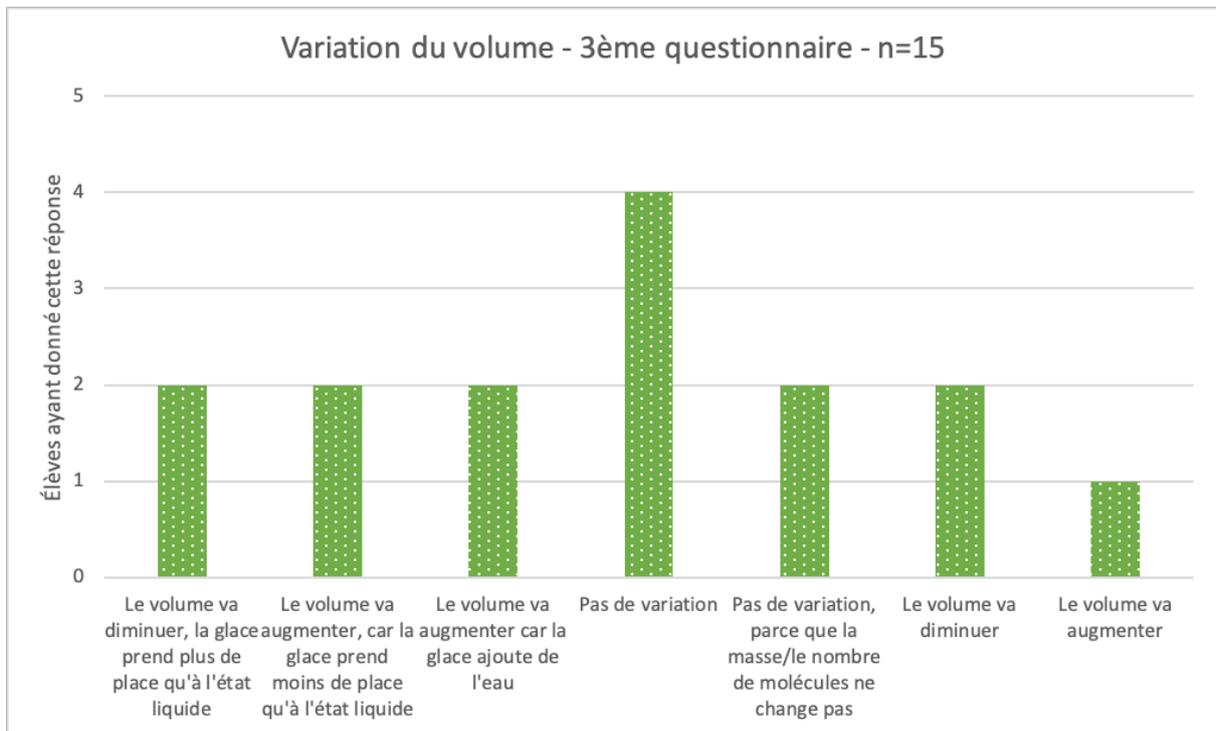


FIGURE 88 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q3 POUR LA VARIATION DU VOLUME



LA PIERRE PONCE

FIGURE 89 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q1 POUR LA PIERRE PONCE

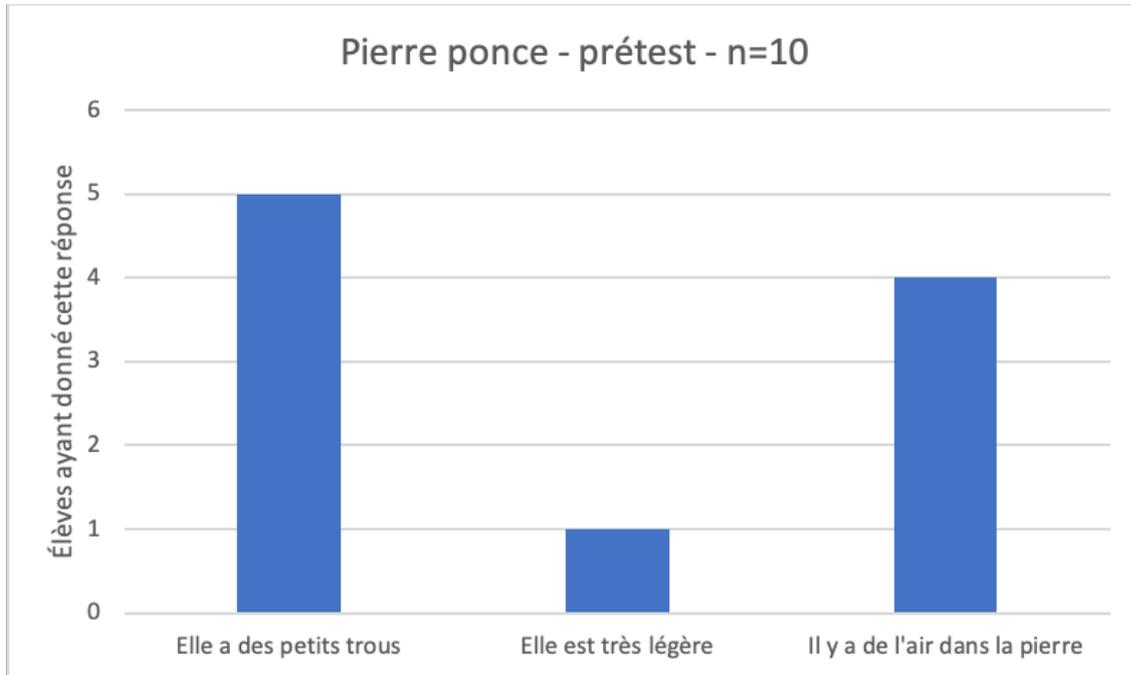


FIGURE 90 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q2 POUR LA PIERRE PONCE

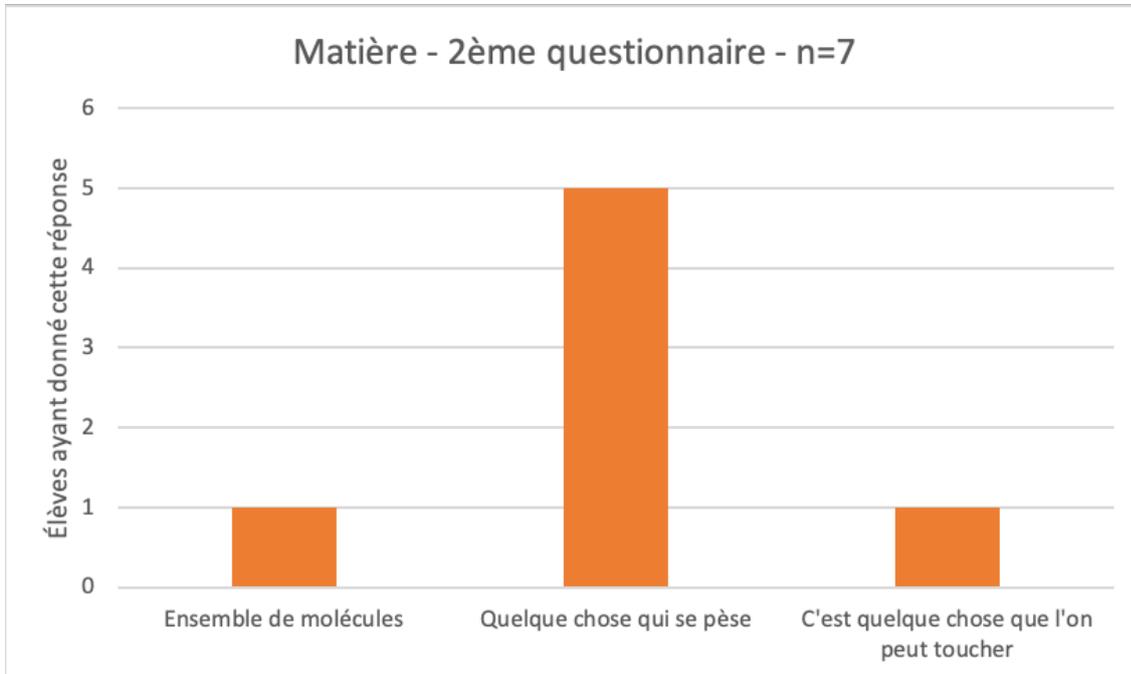


FIGURE 91 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GT AU Q3 POUR LA PIERRE PONCE

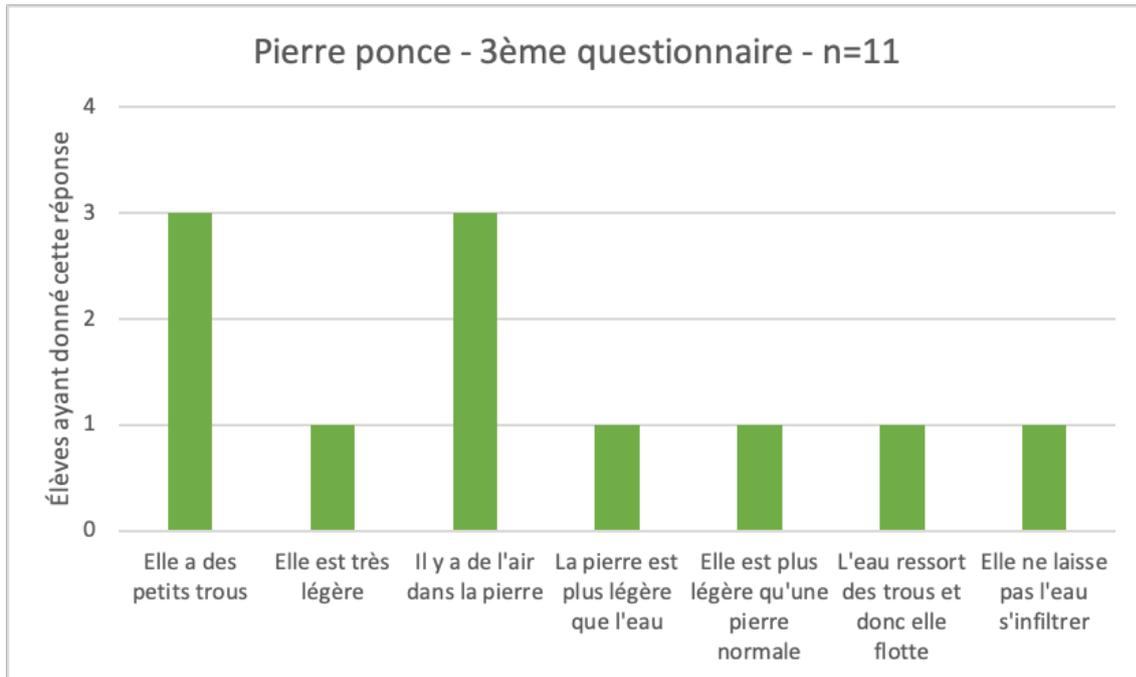


FIGURE 92 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q1 POUR LA PIERRE PONCE

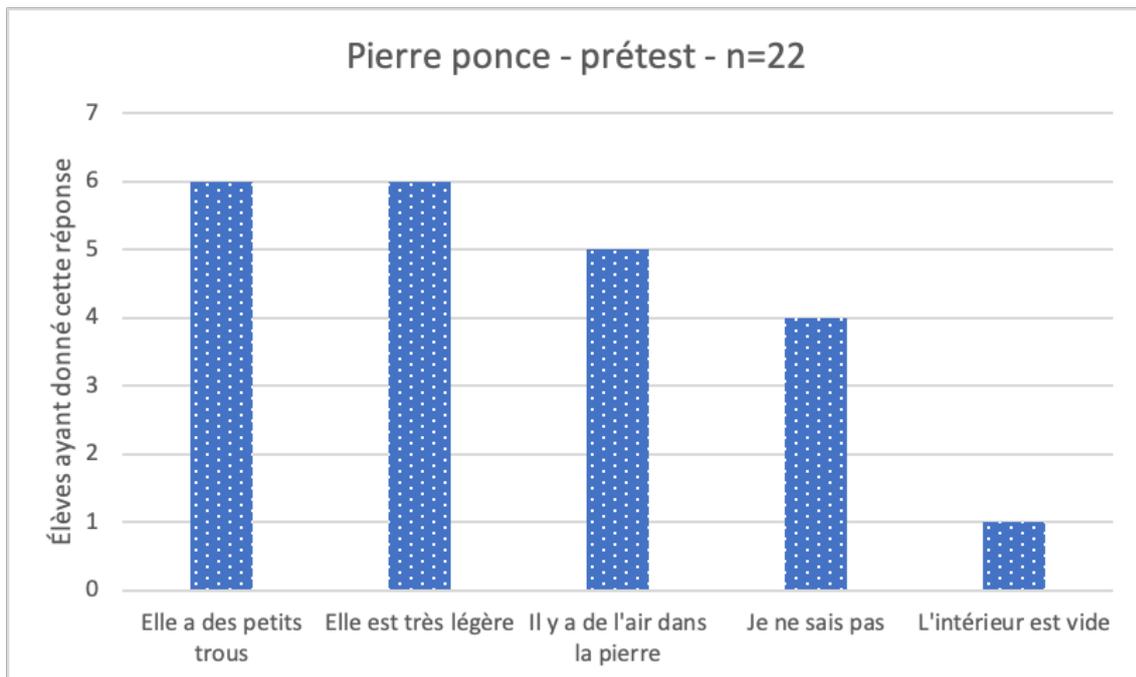


FIGURE 93 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q2 POUR LA PIERRE PONCE

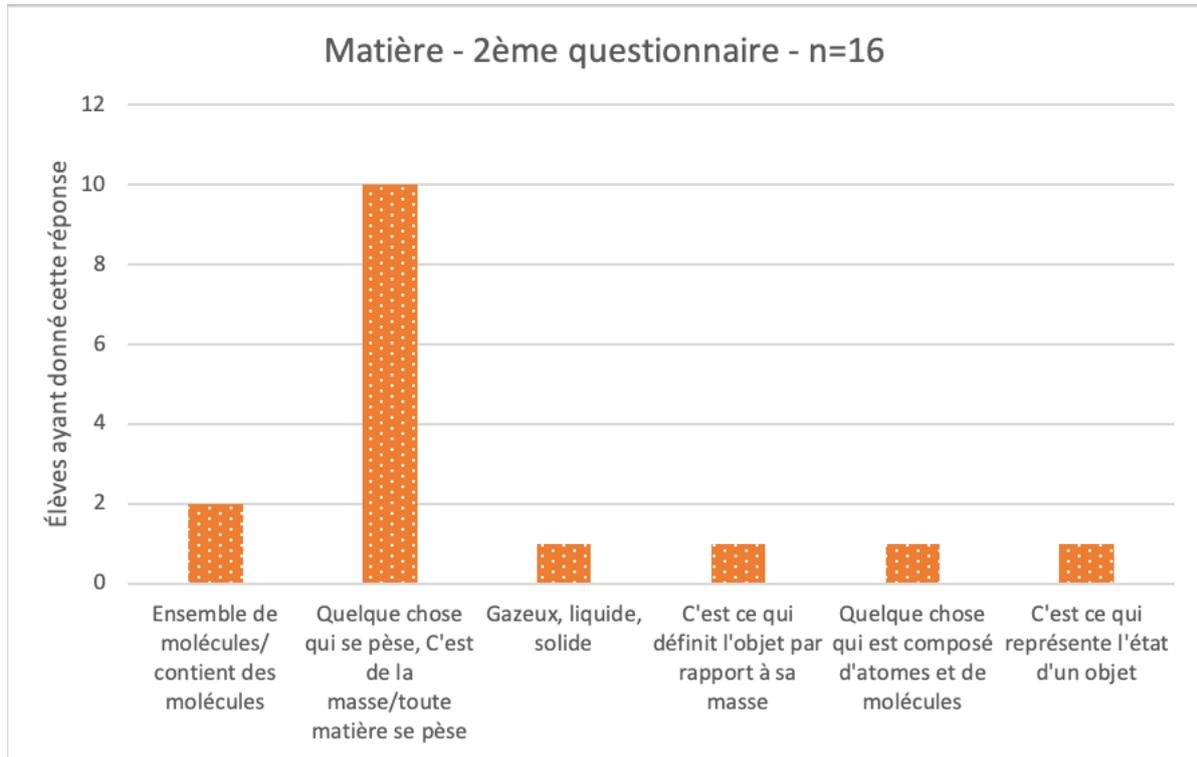
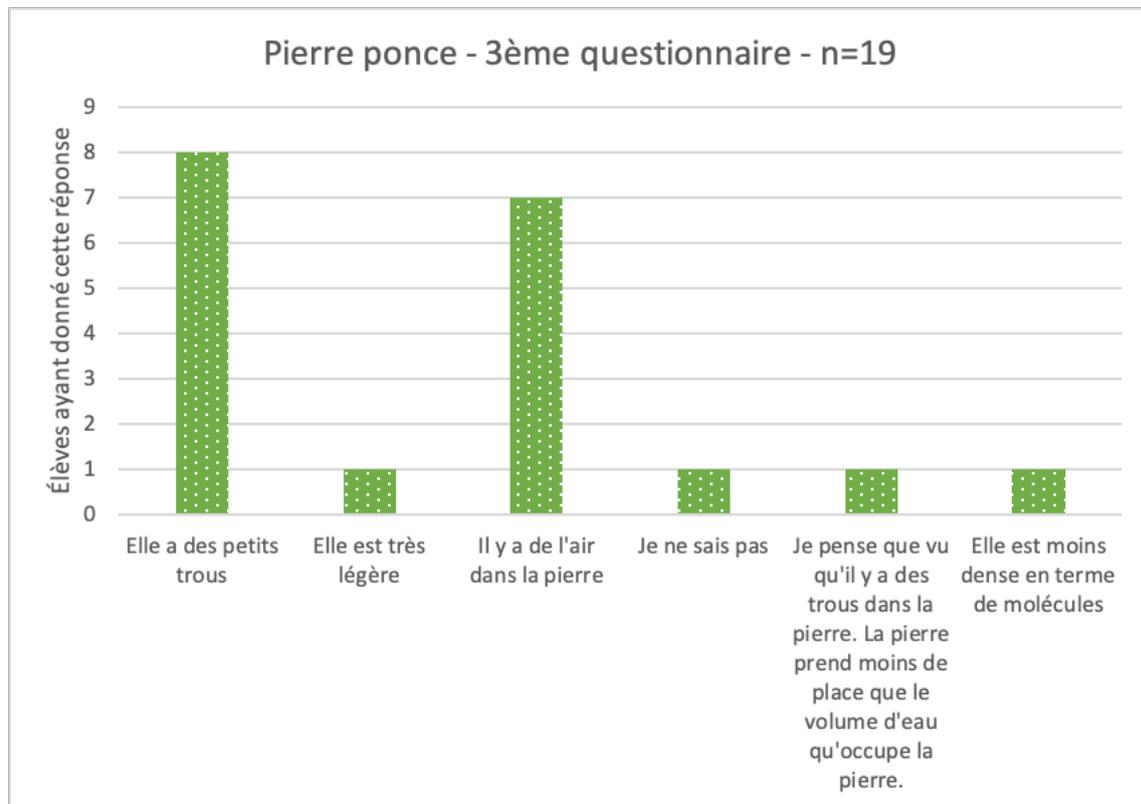


FIGURE 94 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LES RÉPONSES DONNÉES PAR LE GE AU Q3 POUR LA PIERRE PONCE



ANNEXE 10 : GRAPHIQUES DE L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET GE POUR LA DÉFINITION DE LA MASSE ET « L'AIR EST DE LA MATIÈRE »

FIGURE 95 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR LA DÉFINITION DE LA MASSE

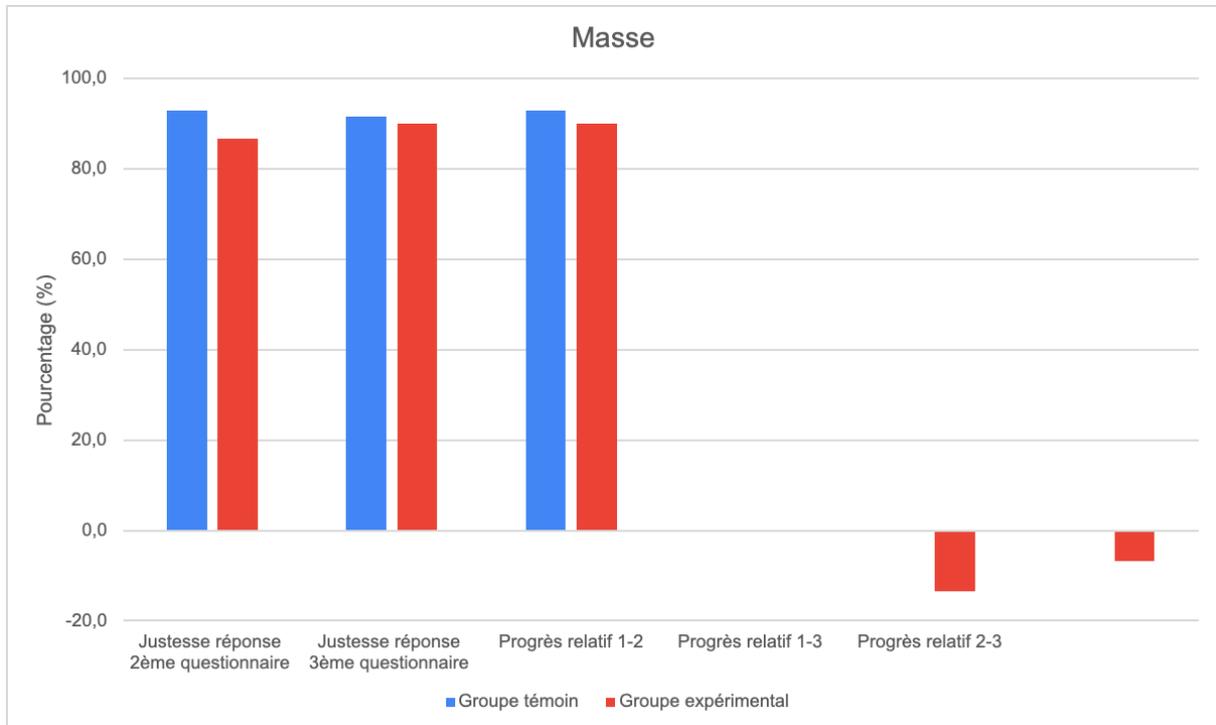


FIGURE 96 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT L'ÉVOLUTION DES QUESTIONNAIRES DU GT ET DU GE POUR "L'AIR EST DE LA MATIÈRE"

