HAL
open science

Apports de la carte mentale dans l'apprentissage des savoirs en Sciences de la Vie et de la Terre en relation avec l'intelligence visuo-spatiale

Danil Chabou, Mikael Fageolle

To cite this version:

Danil Chabou, Mikael Fageolle. Apports de la carte mentale dans l'apprentissage des savoirs en Sciences de la Vie et de la Terre en relation avec l'intelligence visuo-spatiale. Education. 2018. dumas-02080789

HAL Id: dumas-02080789

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02080789

Submitted on 27 Mar 2019

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

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

École supérieure du professorat et de l'éducation
Aix*Marseille Université

espe
Académie d'Aix-Marseille

Master « Métiers de l'Enseignement, de l'Education et de la Formation »

Spécialité : Sciences de la VIE et de la TERRE

Apports de la carte mentale dans l'apprentissage des savoirs en Sciences de la Vie et de la Terre

En relation avec l'intelligence visuo-spatiale

Soutenu par
Danil Chabou et Mikael Fageolle
Le 22 mai 2018

En présence d'un jury composé de :
Albertini-Mattei Solenne
Gobert Julie

Référente mémoire : Mme Albertini-Mattei Solenne

Nous adressons nos remerciements aux personnes nous ayant aidé dans la réalisation de ce mémoire.

Nos formateurs de l'école supérieure du professorat et de l'éducation d'Aix-Marseille,

Le chef d'établissement, nos collègues et personnels de laboratoire pour le bon déroulement de cette étude,

M Marchal Willy pour ses conseils et relectures,

Les élèves pour leurs implications,

Et tout particulièrement, notre tuteur M Thierry Campo ainsi que notre référente mémoire Mme Albertini-Mattei Solenne pour leurs aides, leurs encouragements, leurs disponibilités et leur encadrement.

Table des matières

Table des matières 3

1. Introduction 6

2. Cadre théorique et institutionnel 7

2.1. Définition des concepts et profils 7

2.2. Définition des cartes mentales 9

3. Présentation du cadre d'études et de la méthodologie retenue 11

3.1. Définition des variables indépendantes et dépendantes 11

3.2. Question de recherche et hypothèses 12

4. Méthodologie envisagée 13

4.1. Outil de recueil des données indépendantes 13

4.2. Outil de recueil des données dépendantes 13

4.3. Le protocole 13

4.3.1. Début de l'expérimentation : brainstorming et approche par une C.M. collective en début de cours (diagnostique) 15

4.3.2. C.M. individuelle : Groupe In 15

4.3.3. C.M. collective : Groupe Co 15

4.3.4. Particularités des C.M. mise en place en génétique 16

5. Résultats et Discussion 17

5.1. Etude et discussion des cartes mentales récoltées 17

5.1.1. Carte mentale sur « de l'œil au cerveau » 18

5.1.2. Carte mentale sur l'expression, stabilité et variation du patrimoine génétique 19

5.2. Etude et discussion sur les profils d'intelligences 20

5.3. Etude et discussion des résultats concernant l'hypothèse 1 24

5.4. Etude et discussion des résultats concernant l'hypothèse 2 27

5.5. Cartes mentales, utilisation et ressentis des élèves..... 29

5.6. Critiques et limites des résultats 32

6. Conclusion..... 34

Références bibliographiques et sitographiques 35

Index des abréviations..... 36

Index des tableaux et des figures 37

Annexes..... 38

4ème de couverture..... 52

1. Introduction

Nous sommes deux étudiants en seconde année de master MEEF « Métiers de l'Enseignement, de l'Education et de la Formation » Sciences de la Vie et de la Terre, non lauréats du concours. Tous les deux issus de parcours scolaires universitaires non linéaires, la découverte des cartes mentales s'est effectuée très tardivement pour l'un comme pour l'autre au travers de nos cours et stages pratiques. Ce fut une découverte d'un outil de travail intéressant pour l'assimilation de nos cours, en complément des méthodes traditionnelles telle la synthétisation sous forme de fiches, de résumés, de schémas, l'apprentissage par cœur…

Nous avons abordé les cartes mentales avec nos classes de 1ère S dans la même logique de formation que celle proposée par le domaine 2 du socle Commun de Compétences, de Connaissances et de Cultures (S. 4C.) : les méthodes et outils pour apprendre, il est fait mention : « L'élève sait se constituer des outils personnels grâce à des écrits de travail, y compris numériques : notamment prise de notes, (…) cartes mentales, (…) dont il peut se servir pour s'entrainer, réviser et mémoriser. »

Les savoirs en Sciences de la Vie et de la Terre s'organisent selon différentes structures : ordre chronologique de découvertes scientifiques, d'avancées technologiques, de mécanismes physiologiques ; mais aussi échelles, fonctions dans un organisme, liens avec les êtres humains. Cette liste n'est pas exhaustive et s'adapte en fonction des notions abordées. Dès lors, la souplesse de conception et l'aspect personnel des cartes mentales, nous a semblé adapté à leur utilisation dans l'appropriation des savoirs en Sciences de la Vie et de la Terre (S.V.T.). Cependant, après différentes lectures, cela nous a amené aussi à nous interroger sur les profils d'intelligences inhérents à ce support. Nous nous sommes ainsi interrogés sur l'intervention du profil d'intelligence visuo-spatial (Intelligence V.-S.) dans l'apprentissage des notions au travers des cartes mentales avec un usage différencié (collective ou individuelle)

Pour répondre à cette problématique, nous présenterons les concepts de cartes mentales et de profils d'intelligences. Puis nous expliciterons l'expérimentation mise en œuvre. Enfin, nous exposerons, analyserons et discuterons les résultats obtenus.

2. Cadre théorique et institutionnel

2.1. Définition des concepts et profils

L'école est fondée sur la transmission de connaissances et d'acquisition de compétences. De ce point de départ, nous avons défini la connaissance comme « l'action ou fait d'apprendre quelque chose par l'étude et/ou la pratique ; résultat de cette action ou de ce fait : compétence en quelque chose, expérience de quelque chose » (C.N.R.T.L.). Cette définition inclut le fait d'apprendre, l'apprentissage. Le psychologue Piéron définit l'apprentissage comme une *modification adaptative du comportement au cours d'épreuves répétées*. (Piéron 1963). Nous généraliserons cette définition par « l'ensemble des mécanismes menant à l'acquisition de savoir-faire, de savoirs ou de connaissances » (C.N.R.T.L.). Par la construction de cartes mentales dans des thèmes divers, nous espérons faciliter l'apprentissage de notions et l'acquisition de compétences en Sciences de la Vie et de la Terre.

Ces définitions posées, on pourrait conclure que le niveau scolaire des élèves devrait être identique pour tous : à enseignant unique, transmission de connaissances unique et apprentissage unique. Pourtant ceci relève du simplisme. Bien d'autres facteurs influent sur l'apprentissage, dont l'intelligence. L'intelligence se définit par la « fonction mentale d'organisation du réel en pensées et en actes chez l'être humain » (C.N.R.T.L.).

Le psychologue américain Howard Earl Gardner s'est particulièrement intéressé à l'intelligence. Il la définit par « la faculté de résoudre des problèmes ou de produire des biens qui ont de la valeur dans une ou plusieurs cultures ou collectivités. » (Gardner, Théorie des Intelligences Multiples). Ses recherches l'ont amené à définir plusieurs types d'intelligences. Notre type d'intelligence sélectionne la méthode d'apprentissage la plus adaptée pour apprendre.

Ses travaux se répercutent parfois dans le milieu scolaire qui selon Howard Gardner, devrait être la raison d'être de l'école : le développement de toutes les formes d'intelligences. Au départ, il établit 7 intelligences principales (verbale/Linguistique (I.V.L.), musicale (I. M.), logico-mathématique (I. L.), visuo-spatiale (Intelligence V.-S.), kinesthésique (I. C.K.), intrapersonnelle (I.A.), interpersonnelle (I.E.)). Puis en 2013, il en ajoute 2 (naturaliste (I. N.) et existentielle), tout en parlant de 8 intelligences 1/2 « Pour l'heure, je m'en tiens à mes 8 intelligences et demi »

(ANNEXE I, représentation schématique des intelligences multiples). H. E. Gardner s'est appuyé sur divers travaux pour les définir, et précise qu'il est ouvert à toute nouvelle dénomination d'intelligence justifiée par des études. Concernant l'intelligence existentielle, elle n'est pas encore pour lui totalement validée scientifiquement. Il n'est pas convaincu de sa véracité et c'est pourquoi il utilise le terme de 8 ½.

Mais la théorie des intelligences multiples fait controverse au niveau scientifique. Plusieurs points sont soulevés par ses détracteurs. En premier lieu, la raison d'existence de la Théorie des intelligences multiples n'est pas scientifique mais morale. Gardner a développé cette théorie pour s'opposer à la réduction de l'intelligence aux seules capacités logico-mathématiques ou verbales et aux tests de Q.I. Du point de vue scientifique expérimental, la définition d'intelligence qu'il fournit n'est pas stricte, mais dépend de critères variables pour les intelligences qu'il définit. Il n'est pas nécessaire de remplir tous les critères pour être catégorisé en intelligence. De plus, cette théorie n'est pas fixe puisqu'il est possible de rajouter des critères et des intelligences. Tout ceci fait qu'elle n'est pas testable d'un point de vue scientifique. Autres controverses mises en avant par ses opposants, H. Gardner définit les intelligences indépendantes, or différentes études ont montré que certaines sont liées comme les intelligences inter et intrapersonnelles, ou logico-mathématique et visuo-spatiale.

En considération de ces différents points de vue, nous avons néanmoins décidé d'établir notre étude en y incluant la Théorie des intelligences multiples. Nous avons pris le parti, de relier l'utilisation de la carte mentale à l'intelligence visuo-spatiale. L'intelligence visuo-spatiale permet à l'individu d'utiliser des capacités intellectuelles spécifiques qui lui procurent la possibilité de se faire, mentalement, une représentation spatiale du monde. Les Amérindiens voyagent en forêt à l'aide de leur représentation mentale du terrain. Ils visualisent des points de repères : cours d'eau, lacs, type de végétation, montagnes … et s'en servent pour progresser ; des navigateurs autochtones font de même et naviguent sans instrument dans certaines îles du Pacifique. L'intelligence visuo-spatiale permet de créer des œuvres d'art et artisanales, de penser en images.

Cette représentation spatiale par des points de repères se retrouve dans la méthode d'apprentissage nommée Carte Mentale (C.M.). Nous allons ainsi définir cet outil.

2.2. Définition des cartes mentales

La carte mentale ou carte heuristique est une représentation graphique arborescente autour d'une idée clé centrale. Elle a été démocratisée ces dernières années par le psychologue anglais Tony Buzan. Elle est un outil d'organisation, de présentation, de synthèse, de mémorisation et d'échange d'idées. Tout comme l'orientation des Amérindiens avec des points de repères, la carte mentale est un choix de mots clés ou nœuds pour se repérer autour de l'idée clé centrale. Chaque mot clé va amener à un autre (nœuds de différents ordres) pour faire cheminer la pensée et construire une carte « routière ». Ainsi, elle permet la réorganisation d'idées initialement destructurées et reflète le cheminement de la pensée avec une organisation logique. Cette logique, même si elle est rattachée à l'idée clé centrale, est personnelle. Chaque individu construit sa voie d'accès à la connaissance, il est acteur de la construction de son savoir. C'est pourquoi les C.M. sont définies par l'individu et lui sont propres. Les notions en S.V.T. sont complexes et variées. Elles font intervenir différentes échelles de temps et de tailles en géologie ; de tailles et d'organisations spatio-temporelles en physiologie ou écologie/biodiversité. L'utilisation de cartes mentales, par leurs conceptions personnelles, peuvent être un outil permettant de structurer ces notions et faciliter leurs apprentissages.

Mais une construction collective peut aussi être faite dans le cas de la mobilisation de données communes ou dans le cas de concepts complexes. Chaque participant va partager ses idées clés, expliciter ses cheminements. La carte mentale va se renforcer des idées de chacun et avoir une arborescence plus complexe et fournie. Ceux pour qui l'idée centrale n'était pas claire vont pouvoir s'enrichir de la logique d'organisation des autres.

Pour finir, la réalisation d'une carte mentale peut se faire manuellement ou à l'aide de logiciels informatiques.

Pour faciliter la compréhension des C.M., certaines règles ont été définies.

Les cartes mentales se réalisent sur une feuille en format paysage, et se lisent dans le sens horaire. A partir de l'idée centrale, le premier nœud apparait en haut à droite. Les autres nœuds, de même niveau, suivent dans le sens des aiguilles d'une montre. Il en va de même pour les nœuds de deuxième ou de troisième niveau. Il est préférable d'utiliser un ou deux mots clés par concepts, et l'utilisation d'images ou de couleurs peut faciliter la mémorisation. Enfin, les liens doivent préférentiellement être courbe, ceci facilitant la lecture (ANNEXE II, III et IV : exemples de C.M.)

Ces règles ont été communiquées aux élèves avant notre expérimentation par l'enseignante d'histoire-géographie qui l'utilise dans son enseignement. Malheureusement, il n'a été possible de prendre contact avec cette enseignante qu'en toute fin d'étude pour connaitre l'utilisation qu'elle en faisait précisément. Ainsi, nous avons su qu'elle utilise les C.M. depuis quelques années dans ses cours lors de synthèses.

Il existe une autre représentation de carte très similaire nommée Carte Conceptuelle. Les Cartes Conceptuelles regroupent un ensemble de concepts sur un sujet avec des liens de cause à effet. Le concept clé est situé en haut de page, et les autres concepts qui y sont liés, sont situés en dessous par des liens unidirectionnels et hiérarchisés. Les Cartes Conceptuelles permettent de classifier, catégoriser, organiser des données par complexité. Pour concevoir une Carte Conceptuelle il faut donc prendre une feuille au format portrait, mettre l'idée clé en haut, relier des nœuds (idées sous forme de boite) par des liens avec une étiquettes précisant la relation du lien existant entre les 2 nœuds (ANNEXE V : exemple de Carte Conceptuelle).

L'annexe VI liste les différences entre C.M. et Carte Conceptuelle

3. Présentation du cadre d'études et de la méthodologie retenue

La mise en application de notre recherche s'est effectuée au sein d'une classe de 30 élèves de Première S (**classe test**) pendant 5 mois, où nous dispensions des cours à raison d'une séance hebdomadaire de 2 heures en demi groupe. La classe concernée est divisée en 2 groupes formés en amont de notre intervention. Le premier est composé de 16 élèves très scolaires, peu autonomes, qui participent très difficilement et préfèrent attendre la réponse du professeur. Le deuxième est composé de 14 élèves qui interagissent beaucoup plus entre eux et avec le professeur, et participent de manière active. Nous interviendrons chronologiquement sur les thèmes de :

- La tectonique des plaques : l'histoire d'un modèle
- La vision : de l'œil au cerveau
- Expression, stabilité, et variation du patrimoine génétique

Nous avons aussi demandé la participation d'une autre classe de 1ère S de 31 élèves pour une partie de l'expérimentation, que nous appellerons **classe témoin**. Nous n'aurons aucun contact avec eux si ce n'est la transmission et la récupération des questionnaires.

3.1. Définition des variables indépendantes et dépendantes

Il a été vu dans le paragraphe précédent que les C.M. peuvent se réaliser de façon collective ou individuelle, manuellement ou informatiquement. Il a été vu aussi que chaque individu possède les 8 intelligences à des degrés différents. A partir de ces variables, nous avons déterminé :

- Une variable indépendante : Présence de carte mentale individuelle ou collective dans l'apprentissage
- Une variable dépendante : Evolution de l'intelligence visuo-spatiale et de l'acquisition des notions

3.2. Question de recherche et hypothèses

Lors de la première rencontre avec notre maître de stage, nous lui avons fait part de notre souhait d'utiliser cet outil. Il le connaissait de nom mais ne s'en était jamais servi dans ses cours. Ainsi, même si cet outil a été bénéfique pour nous, il fallait néanmoins valider et concrétiser son utilité dans notre enseignement. Nous sommes alors partis avec un thème de recherche sur :

Comment un usage différencié de la Carte Mentale (collective ou individuelle) favorise-t-il l'apprentissage des notions en Sciences de la Vie et de la Terre ?

Comment l'utilisation des cartes mentales peut influencer ou être influencée par l'intelligence visuo-spatiale des élèves ?

L'organisation en demi groupes a permis cet usage différencié des C.M. en relation avec la variable indépendante. Concernant l'intelligence visuo-spatiale, les élèves ont déjà un vécu (jeux vidéo de plate-forme, lecture de cartes de ville, de métro, course d'orientation en E.P.S.). Leur intelligence visuo-spatiale est alors déjà plus ou moins développée.

En prenant en compte ces considérations et nos problématiques, 2 hypothèses émergent :

<u>Hypothèse 1</u> : La carte mentale va permettre la compréhension et l'assimilation de concepts et les individus à intelligence prédominante visuo-spatiale seront favorisés.

<u>Hypothèse 2</u> : La carte mentale va permettre de développer l'intelligence visuo-spatiale chez des individus où celle-ci n'est pas prédominante.

Si nos hypothèses sont exactes plusieurs résultats sont attendus.

Dans le cas des élèves avec construction d'une carte individuelle, nous nous attendons à avoir des résultats scolaires en amélioration pour ceux avec un profil d'intelligence dominant visuo-spatial ; et des résultats sensiblement similaires au cours de l'expérimentation pour ceux avec un autre profil d'intelligence dominant.

Dans le cas des élèves où la construction d'une carte mentale est collective, nous nous attendons à voir des variations de profils. C'est-à-dire que nous devrions voir

une augmentation du profil d'intelligence visuo-spatiale chez les élèves où cette capacité n'est pas prédominante ; et une stagnation relative chez les élèves chez qui cette capacité est déjà développée.

4. Méthodologie envisagée

4.1. Outil de recueil des données indépendantes

Nous avons choisi la carte mentale comme outil d'apprentissage et non comme moyen d'évaluation. C'est pourquoi aucune note ne sera attribuée. Au dernier cours avant le devoir surveillé (D.S.), nous demandons à chaque élève de finaliser sa carte mentale. Pour vérifier la prise en main de cet outil, nous allons photographier et regrouper en fonction de sa conception individuelle ou collective. Nous étudierons et classerons ensuite en fonction du respect des méthodes et des règles nécessaires à la réalisation d'une carte mentale.

4.2. Outil de recueil des données dépendantes

Le recueil de données se fait par l'évaluation des devoirs surveillés et par les questionnaires pré-test et post-test d'autoévaluation des types d'intelligences (ANNEXE VII : questionnaire pré et post test de détermination des intelligences multiples). Un questionnaire en post test sur l'utilité ressentie de la carte mentale sera aussi complété.

4.3. Le protocole

Pour la réalisation de la C.M., nous sommes restés sur une réalisation manuelle.

En effet, la conception de cartes mentales par un logiciel spécifique aurait été plus complexe à mettre en application dans notre cas. Elle nécessite une installation du logiciel sur le serveur de l'établissement et il faut être certain que chaque élève possède une connexion internet personnel. Enfin, ce choix s'est aussi fait par le temps d'expérimentation relativement court. L'utilisation d'un nouveau logiciel nécessite une phase d'explication et de prise en main, et donc du temps.

Au paragraphe 3, nous avons décrit l'attitude des élèves dans chaque groupe. Au vu de la différence de comportement, nous avons imposé la création de carte mentale individuelle au premier groupe dont les élèves participent peu et sont plus individuels. Pour le 2ème groupe, où les élèves interagissent beaucoup entre eux, nous avons imposé la création de carte mentale collective.

Dès lors, nous appellerons dans la suite de cette expérimentation le groupe 1 : **groupe In** et le groupe 2 : **groupe Co**

L'expérimentation sera ponctuée par 2 questionnaires à choix multiples (Q.C.M.) distincts. Un premier Q.C.M. sera fourni en pré et en post test pour l'ensemble des élèves de la classe test et de la classe témoin. Ce questionnaire permet de définir les relations de dominance des différents profils d'intelligences pour chacun (ANNEXE VII). Il est constitué de 8 questions par type d'intelligence. Pour chaque question, l'élève répond par : pas du tout comme moi/ un peu comme moi/ moyennement comme moi/ beaucoup comme moi/ tout à fait comme moi. Aux réponses sont respectivement associés de 1 à 5 points. La somme définit la forme dominante d'intelligence. Dans les Q.C.M. fournis aux élèves, nous avons supprimé les noms des intelligences en considérant que ceux-ci auraient pu les influencer. Les différents profils ainsi déterminés permettront de supposer ceux pour qui l'apprentissage sera potentiellement avantagés par les cartes mentales dans la classe test. Concernant la classe témoin, avec laquelle nous n'avons jamais interagit, le Q.C.M. permettra d'observer les évolutions « naturelles » des différents types d'intelligences : nous pourrons voir si les variations sont similaires ou peuvent potentiellement être imputables à l'usage des cartes mentales dispensé en classe test.

Le deuxième Q.C.M. porte sur les méthodes d'apprentissages utilisées par les élèves. Il permet de déterminer les méthodes de révision des élèves. Il s'agit de savoir s'ils ont pour habitude de réviser sous forme de schémas, de reformuler sous forme de texte, ou de fiches, de répéter le cours à voix haute, ou de simplement le relire pour le mémoriser. Une autre partie de ce Q.C.M. est sur les bénéfices ressentis de l'apprentissage de ce nouvel outil. (ANNEXE XIII)

Ces deux Q.C.M. sont des questionnaires d'autoévaluation et donc sujets aux influences de l'évalué évaluateur.

En parallèle, les élèves seront soumis à 3 devoirs surveillés en classe, ainsi qu'à la conception de C. M. à la fin de chacun des 3 thèmes abordés selon les modalités définies aux paragraphes **4.3…** ci-dessous. Les devoirs seront évalués et permettront de voir l'acquisition des notions et « l'impact » des cartes mentales sur l'assimilation des notions et concepts en Sciences de la Vie et de la Terre en lien avec l'intelligence visuo-spatiale. Concernant les C.M., elles seront classées en fonction de critères liés au mode de conception, et permettront de voir comment les élèves se sont approprié cet outil.

4.3.1. Début de l'expérimentation : brainstorming et approche par une C.M. collective en début de cours (diagnostique)

Nous décidons de débuter la mise en application de notre expérimentation par un brainstorming au tableau en début de cours afin de faire émerger leurs connaissances sur la notion à aborder. Chaque élève communique 2 mots en lien avec le thème abordé. La succession des élèves force les derniers élèves à faire émerger des mots non cités et donc la redondance de certains mots. Cette approche a été effectuée avec les 2 demi-groupes (groupe In et groupe Co). Cependant, la construction de la carte mentale s'est faite selon différents protocoles.

4.3.2. C.M. individuelle : Groupe In

Pour le groupe In, la construction des cartes mentales se fait individuellement. Ne connaissant pas leur niveau de maitrise de conception de C.M., nous décidons de leur apporter une aide sous forme d'un brainstorming. Les notions qui viennent en tête aux élèves sont notées sur le côté du tableau de manière linéaire, en dehors du cadre de la carte mentale. C'est à eux, de manière individuelle et en dehors des cours, d'organiser leur propre carte mentale autour de la notion centrale.

4.3.3. C.M. collective : Groupe Co

La mise en place de la carte collective est plus chronophage. Il a fallu organiser sa conception en parallèle de la dispense des cours de 1ère S très dense. De ce fait,

pour le Groupe Co, nous débutons par un brainstorming collectif de la même manière que le groupe In, nous faisons ressortir les notions en lien avec la notion centrale entourée au centre du tableau. Cette fois, les notions sont regroupées en listes logiques et organisées selon les règles d'illustration de la carte mentale. Par la suite, la C.M. est complétée en fin de certaines séances : c'est-à-dire, après avoir fait une séance, nous allons faire ressortir les notions vues précédemment et les replacer encore une fois en listes en lien avec ce qui a déjà été construit. La C.M. évolue au cours des séances car de nouvelles notions apparaissent. L'initiation de la carte mentale ici est commune au groupe. Il reste aux élèves la finalisation et la remise au propre à faire collectivement mais sans notre présence. C'est-à-dire que les élèves doivent finir la C.M. (liens, couleurs, hiérarchie) en groupe de travail en dehors des cours de S.V.T. Ils disposent à la fin de leur exemplaire de C.M. travaillé en groupe.

4.3.4. Particularités des C.M. mise en place en génétique

Notre tuteur nous a fait part de la difficulté des élèves par rapport aux notions d'échelle en géologie et biologie. En géologie l'échelle des minéraux, des cristaux, des roches est confuse. Par exemple pour certains le quartz est une roche, le granite un minéral. Il remarque aussi cette confusion en biologie entre les échelles atomique, moléculaire, cellulaire, tissulaire … Pour y remédier il utilise des tableaux où sont placées les différentes échelles, les mots clés étant organisés selon leur taille.

Ainsi, nous lui avons proposé l'utilisation d'une carte mentale pour la génétique où les premières branches correspondent à des échelles organisées dans le sens des aiguilles d'une montre de la plus microscopique à la macroscopique.

Avec le groupe Co, l'objectif ici sera double : mettre au clair les différentes échelles et assimiler le cours.

Avec le groupe In, la réalisation de la carte mentale se fait de manière autonome, ils ont la liberté de l'organiser à leur manière. Pour respecter la demande du tuteur et inclure cette consigne, nous avons essayé d'anticiper les possibilités qui pouvaient s'offrir à eux pour les guider un minimum. Ils peuvent l'organiser par échelle dans une logique biologique, à savoir du génome au phénotype macroscopique ou l'organiser dans le sens du cours, du phénotype macroscopique au génotype qui

peut être plus évidente pour eux. Cette didactisation permet de voir d'abord l'échelle la plus grande jusqu'à la plus petite. Aussi ils pourront utiliser des codes couleurs par échelle (phénomène macroscopique, cellulaire, moléculaire et génétique) ou par notion (expression génétique, stabilité et variabilité). L'utilisation de carte conceptuelle pour cette pratique de hiérarchisation parait judicieuse, et il ne serait pas surprenant que certains élèves en fassent naturellement en oubliant les cartes mentales.

5. Résultats et Discussion

Les résultats présentés dans cette étude résultent de la comparaison de plus de 8000 données et d'une 50aine de cartes mentales. Nous avons compilé ces relevés en essayant d'être le plus synthétique possible.

5.1. Etude et discussion des cartes mentales récoltées

Ici la C.M. est un moyen d'assimilation du cours. Si cette dernière est bien construite et permet de mieux assimiler le cours, ceci se traduira par de meilleurs résultats aux évaluations. De surcroit, sa réalisation peut être aussi un indicateur de l'évolution du profil d'intelligence de l'élève. Par exemple, pour un élève qui au départ n'avait pas le profil visuo-spatial et qui se retrouve finalement à l'aise dans l'exercice de la carte mentale, on peut penser que la C.M. aura participé à développer chez lui l'intelligence visuo-spatiale. Ces hypothèses sous-entendent que les autres modes d'apprentissages, difficulté des devoirs, variations des thèmes, intervenant divers… sont négligeables par rapport aux apports de la carte mentale.

Pour organiser les cartes mentales récoltées, nous avons établi un tableau de critères.

Présence des mots clés / notions	Logique / Cohérence		
	Embranchement		Sens horaire
	Hiérarchisé	Non hiérarchisé	

Tableau 1 : critères de classement des cartes mentales

La carte mentale sur le thème de géologie n'a pas fait l'objet de photographie et de classement. Elle a principalement été construite collectivement et un exemple a été fourni à chaque élève pour montrer nos attendus. (ANNEXE VIII)

5.1.1. Carte mentale sur « de l'œil au cerveau »

Pour le groupe In, nous avons différencié 4 catégories de cartes mentales (ANNEXE IX) :

- Un schéma (1 élève) ;
- Des cartes avec la notion clé centrale et des listes sans cohérences de mots clés regroupés en paquets (4 élèves) ;
- Des cartes similaires aux précédentes mais avec une logique des liens dans le regroupement des mots malgré l'absence de hiérarchisation (5 élèves) ;
- Des cartes satisfaisant aux critères de conception de la carte mentale (3 élèves).

Pour le groupe Co, nous avons différencié 2 catégories de cartes mentales (ANNEXE X) :

- 7 cartes respectant les critères définis mais où le sens horaire n'est que partiellement respecté ;

- 4 cartes mentales satisfaisant aux critères.

Un élève a rendu une carte avec des incohérences de regroupement de mots clés et de sens horaires. L'élève a ici travaillé seul et n'a pas respecté nos consignes. Les 2 autres catégories regroupent plusieurs élèves et certaines cartes sont très similaires. Les élèves ont alors bien travaillé leur finalisation en sous-groupe.

Dans l'ensemble, les cartes mentales respectent les consignes de conceptions (notion centrale, sens horaire, hiérarchisation, …). Celles du groupe In sont moins abouties malgré une mise au propre. Celles du groupe Co sont plus complètes mais très brouillons car non refaites (crayon de papier, listes). Les élèves du groupe Co se sont plus impliqués dans la conception mais pas dans la finalisation. Par leur participation, on pourrait s'attendre à de meilleurs résultats au contrôle sur ce thème dans le groupe Co. Le travail en groupe pour l'élève qui a travaillé seul aurait pu lui permettre de corriger ses erreurs de conception.

5.1.2. Carte mentale sur l'expression, stabilité et variation du patrimoine génétique

Pour le groupe In, nous avons différencié 4 catégories de cartes mentales (ANNEXE XI) :

- Des cartes avec le thème central et des mots clés en listes (3 élèves) ;
- Des cartes avec une construction très linéaire avec un mot clé qui en amène un autre voire quelque fois 2, la lecture en sens horaire n'existe pas (5 élèves) ;
- Des cartes respectant les règles de constructions (3 élèves) ;
- Des cartes où la conception ressemble plus à une carte conceptuelle (5 élèves).

Pour le groupe Co, nous avons aussi différencié 2 catégories de cartes mentales (ANNEXE XII) :

- 4 cartes où les notions sont regroupées en groupes avec des couleurs de phénomènes et de structures, cependant 2 montrent une incompréhension du cours ou une absence d'apprentissage par des associations de mots clés hasardeux ;

- 3 cartes mentales respectant les critères définis précédemment.

Pour ce thème, 1 élève n'a pas fait le travail (idée clé centrale et 4 mots autour). Un autre a rendu un schéma. Ces élèves ont alors travaillé individuellement et n'ont donc pas respectés nos exigences.

Dans l'ensemble, les cartes mentales sont mieux réalisées et plus soignées que sur le thème précédent. Cette amélioration est particulièrement visible dans le groupe In qui montre un investissement plus important. Dans le groupe Co, les regroupements par catégorie montrent des cartes similaires. Ces catégories correspondent alors aux groupes de travail lors de la finalisation. La complexité au niveau de la notion d'échelles se retrouve dans la conception des cartes, et comme supposé, certains ont choisi une construction linéaire ou en carte conceptuelle pour y remédier. L'implication du groupe In peut laisser supposer de meilleurs résultats dans le contrôle en génétique.

5.2. Etude et discussion sur les profils d'intelligences

Nous présentons ici les résultats concernant les pré test et post test en lien avec les différents types d'intelligences. Les résultats sont calculés sur la base de 26 participants au lieu des 30 élèves initiaux de la classe. Nous avons exclu 4 élèves qui n'étaient pas présents soit au pré test, soit au post test. Leur suivi étant de part ce fait impossible. Pour la classe témoin, lors du post test, aucun élève n'a indiqué son nom. Les résultats ne peuvent dès lors être exploités que d'un point de vue quantitatif sur l'évolution des intelligences et non qualitatif avec un suivi et une différenciation individuelle.

Intelligence principale	V.L.	L.-M.	**V.-S.**	E.	A.	C.K.	M.	N.
Nombre d'élèves de la classe test	1	4	**2**	3	13	7	1	0
Nombre d'élèves de la classe témoin	0	2	**3**	3	10	11	2	2

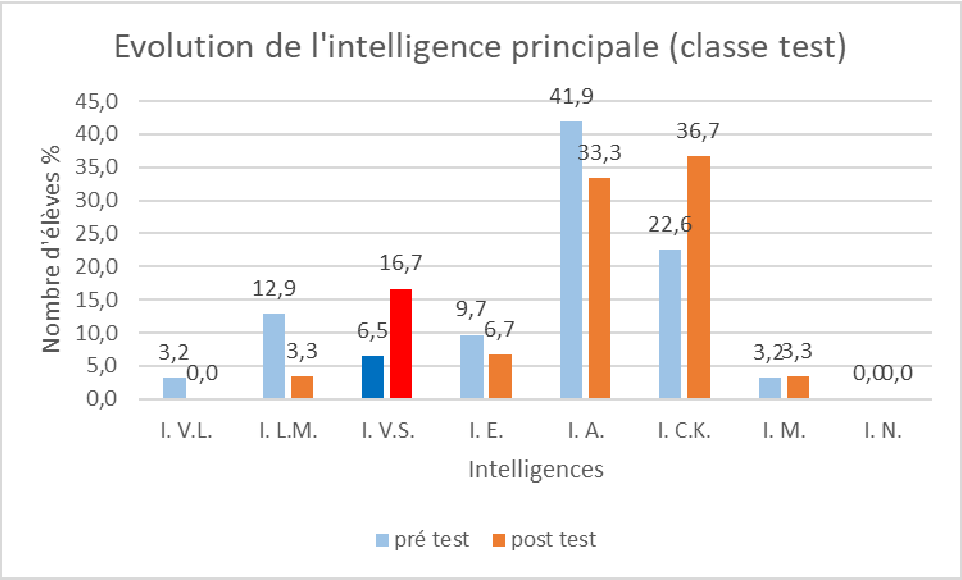
Tableau 2 : nombre d'élèves en fonction de leur intelligence principale pour les classes test et témoin. (V.L. : verbale/linguistique, L.M. : logico-mathématique, V-S. : visuo-spatiale, E. : interpersonnelle, A. : intrapersonnelle, C.K. : corporelle/kinesthésique, M. : musicale, N. : naturaliste)

Cinq élèves présentent 2 intelligences principales, ceci explique un nombre total d'intelligences principales supérieures au nombre total d'élèves sélectionnés. Très peu d'élèves ont une Intelligence V.-S. principale (2 élèves). En comparant la classe test et la classe témoin, on peut voir que ces deux classes ont des profils d'intelligences principales similaires. L'étude des résultats étant focalisée sur cette intelligence, nous avons inclus dans les résultats les Intelligences V.-S. non seulement principale mais aussi dominante, c'est-à-dire faisant partie des 4 intelligences dominantes chez chaque élève. Ceci n'est pas en contradiction avec la Théorie des intelligences multiples puisque nous possédons chacun des intelligences et les faisons évoluer indépendamment selon Gardner. Le questionnaire récupéré faisait de même un regroupement des 4 intelligences dominantes. Nous faisons ainsi le distinguo dans les textes entre principale (la mieux notée selon le test), et dominante (appartenant aux 4 intelligences les mieux notées). Nous obtenons ainsi des groupes d'élèves plus conséquents à étudier. (Cf. tableau 3).

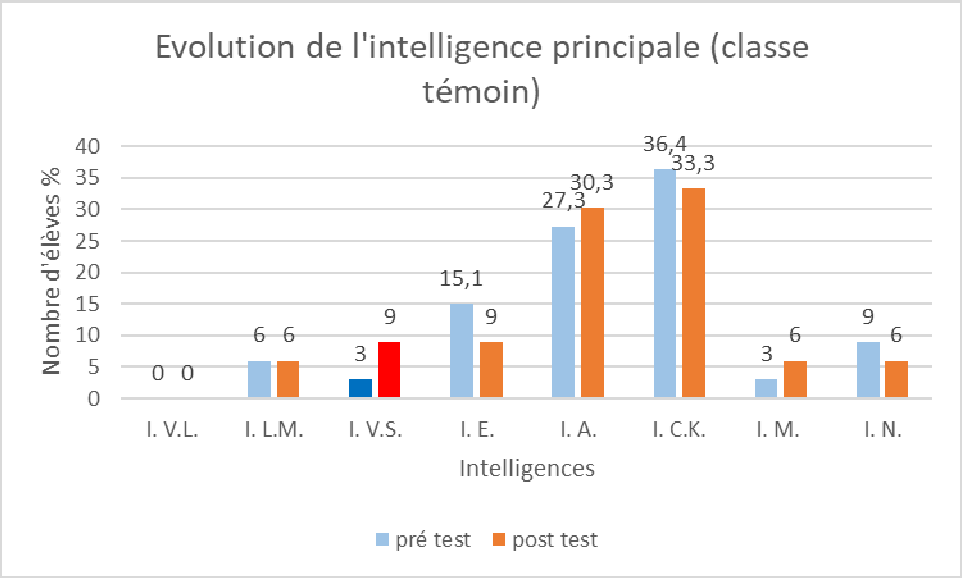
	Groupe In	Groupe Co	Total
Nombre d'élèves	8 (dont 1 en principale)	7 (dont 1 en principale)	15

Tableau 3 : Nombre d'élèves avec l'Intelligence V.-S. dans ses dominantes

En prenant en compte l'Intelligence V.-S. compris dans les dominantes des élèves, on a une proportion d'environ 50% dans chaque groupe.



Graphique 1 : Evolution de l'intelligence principale avec la classe test



Graphique 2 : Evolution de l'intelligence principale avec la classe témoin

Les graphiques 1 et 2 montrent une certaine hétérogénéité des types d'intelligences dominantes au sein des classes. Pour les 2 classes, on voit une prédominance des Intelligences Intrapersonnelle et Corporelle/ Kinesthésique en pré et post test. Les élèves en majorité connaissent leurs capacités, aiment apprendre à se connaitre, mènent à bien une tâche fixée et sont difficilement influençable. De même, Ils contrôlent bien les mouvements de leurs corps et préfère communiquer une

information par l'intermédiaire de modèle. Il explore par le « faire » plus que le « dire » ou le « savoir » (Animation pédagogique, ASH IEN/ CTR ASH janvier 2011). A contrario, l'intelligence Logico Mathématique est très peu présente. Etant en 1ère S, on aurait pu s'attendre à une forte représentativité de cette intelligence qui se définit par la « capacité à bien raisonner, calculer, quantifier, tenir un raisonnement logique, résoudre les problèmes, émettre des hypothèses… » (ASH IEN/ CTR ASH).

D'un point de vue quantitatif, on observe une évolution positive de l'intelligence visuo-spatiale dans les 2 classes. Il y aurait alors une tendance à une augmentation de l'Intelligence V.-S. indépendante de notre étude.

D'autres matières ont-elles travaillé cette intelligence ? Mais l'augmentation est plus importante (10 % contre 6%) dans la classe test. On voit aussi une augmentation significative de l'intelligence Corporelle/Kinesthésique dans la classe test. La conception manuelle des cartes mentales a-t-elle favorisée le développement de l'Intelligence Corporelle/Kinesthésique ? Mais au cours de nos interventions, nous avons aussi particulièrement axé nos cours sur la manipulation et la participation des élèves. Quelle est la part de chaque outil dans l'évolution de cette intelligence ? De plus, les pré-test et post-test se font sur de l'autoévaluation. La vision que chaque élève se fait de lui-même a pu évoluer au cours du temps.

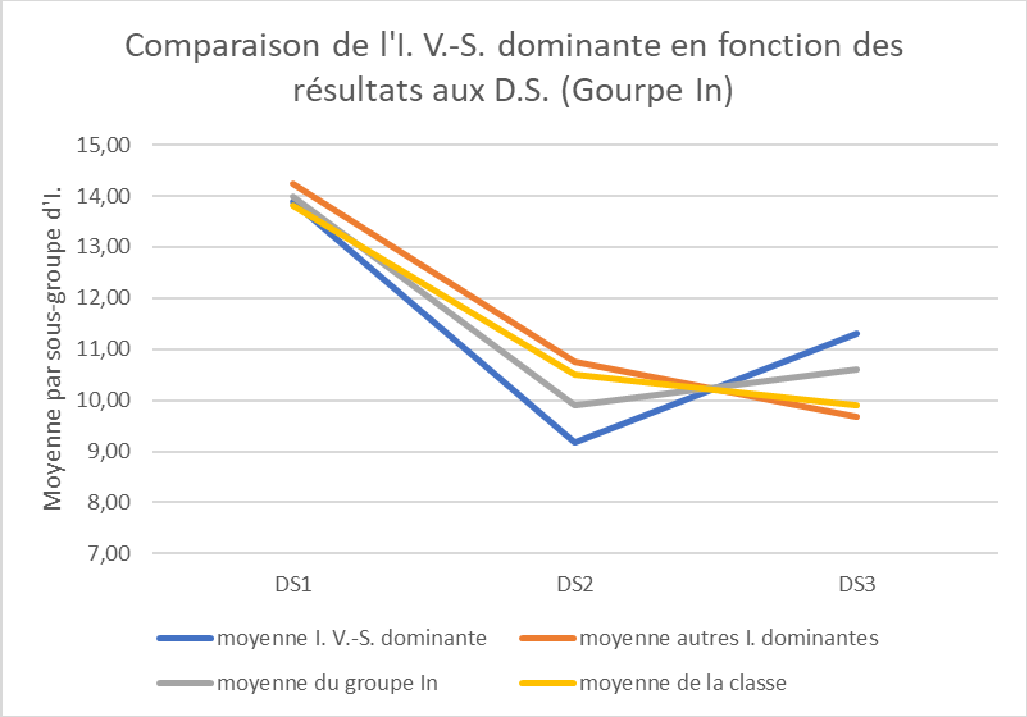
5.3. Etude et discussion des résultats concernant l'hypothèse 1

L'hypothèse 1 suppose que la carte mentale permet la compréhension et l'assimilation de concepts en favorisant les individus à Intelligence V.-S. dominante.

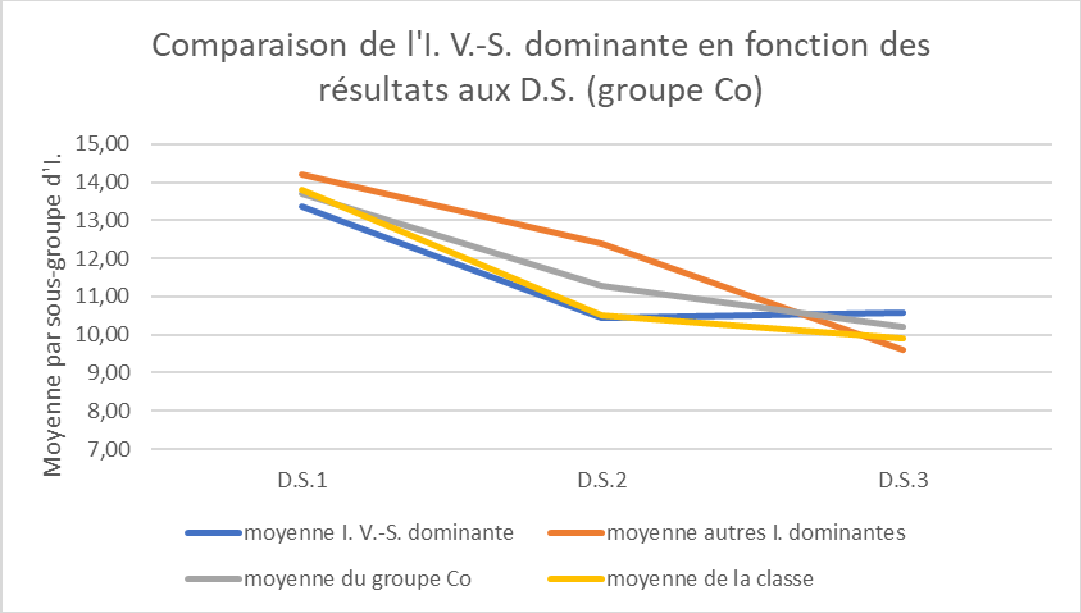
Groupe In	DS1	DS2	DS3
moyenne I. V.-S. dominante	13,88	9,19	11,31
moyenne autres I. dominantes	14,25	10,75	9,67
moyenne du groupe In	14	9,9	10,6
moyenne de la classe	13,8	10,5	9,9

Groupe Co	D.S.1	D.S.2	D.S.3
moyenne I. V.-S. dominante	13,36	10,43	10,57
moyenne autres I. dominantes	14,20	12,40	9,60
moyenne du groupe Co	13,7	11,3	10,2
moyenne de la classe	13,8	10,5	9,9

Tableau 4 : Moyenne des évaluations des élèves regroupés en fonction de leur Intelligence V.-S. (I.V.-S.) dominante ou des autres.



Graphique 3 : Comparaison par groupe d'intelligences dominantes (Intelligence V.-S. (I.V.-S.) ou autres) en fonction des résultats aux contrôles pour le groupe In.



Graphique 4 : Comparaison par groupe d'intelligences dominantes (Intelligence V.-S. ou autres) en fonction des résultats aux contrôles pour le groupe Co.

Pour l'observation de ces graphes, il faut prendre en considération que chaque devoir surveillé correspond à un thème différent. De plus, les contrôles ont été construits dans l'optique du baccalauréat, avec des attendus différents de ce que les élèves avaient l'habitude de faire et une difficulté croissante (synthèse et études documentaires plus longues et complexes). Ces 2 paramètres peuvent se refléter sur les notes.

Pour les 3 D.S., les graphes montrent une décroissance générale des résultats pour l'ensemble des élèves (Intelligence V.-S. dominante et les autres Intelligences dominantes (I. dominantes « autres »)) du 1er au second contrôle. Lors du D.S. 3, les résultats des élèves à Intelligence V.-S. dominante sont en légère croissance (entre + 0,71 à + 0,55 par rapport à la moyenne des groupes) alors que ceux des élèves I. autres dominantes continuent de décroitre.

Ces courbes d'Intelligence V.-S. ressemblent à une courbe d'apprentissage avec une phase en plateau, une phase de recul et une phase de progrès. La phase plateau est une phase de stagnation où l'on intègre des outils et notions inconsciemment. Elle pourrait correspondre au début de la courbe. Le manque de données en amont ne permet pas de le confirmer. La phase de recul est la phase où l'on met en application

les nouvelles méthodes sans toutefois les maitriser et où l'on abandonne les anciennes. Les cartes mentales à ce moment respectent les consignes mais manquent d'aboutissement. La phase de progrès correspond à l'intégration des éléments travaillés. Les cartes mentales du dernier thème sont mieux faites et abouties. Ces deux dernières phases correspondraient aux séquences avec les D.S. 2 et 3 avec une baisse des notes inférieures à la moyenne des groupes pour l'ensemble des élèves à Intelligence V.-S. dominante, puis des notes supérieures à la moyenne des groupes pour les élèves à Intelligence V.-S. dominante.

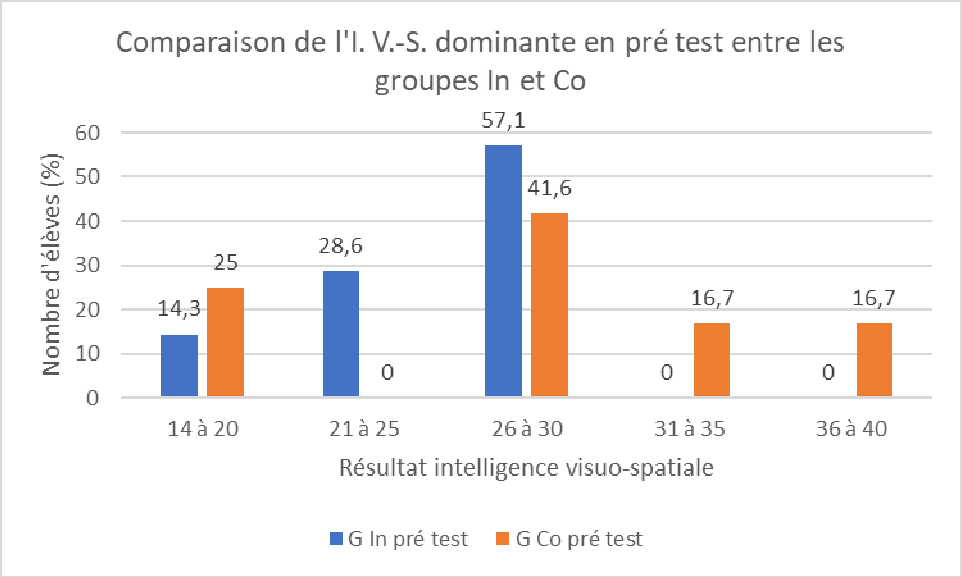
En associant les résultats du groupe Co et l'étude des cartes mentales sur la vision, nous pouvons observer que nos suppositions se confirment avec une meilleure moyenne sur ce contrôle. Il en est de même avec nos attendus du groupe In et leurs cartes mentales sur la génétique qui se traduit par une meilleure moyenne.

Ainsi, l'évolution finale des résultats des groupes à Intelligence V.-S. tendent à valider nos hypothèses en considérant cependant une phase d'adaptation intermédiaire. Les résultats des élèves à Intelligence V.-S. dominante sont en progression par rapport aux intelligences dominantes « autres » ; ceci est particulièrement visible pour le groupe In à Intelligence V.-S. dominante. Concernant notre attendu sur des résultats sensiblement similaires au cours de l'expérimentation pour ceux avec un autre profil d'intelligence dominante, on peut voir que du D.S. 2 au D.S. 3 leur résultat sont en régression (inférieur à la moyenne de la classe et des groupes respectifs) et non en stagnation.

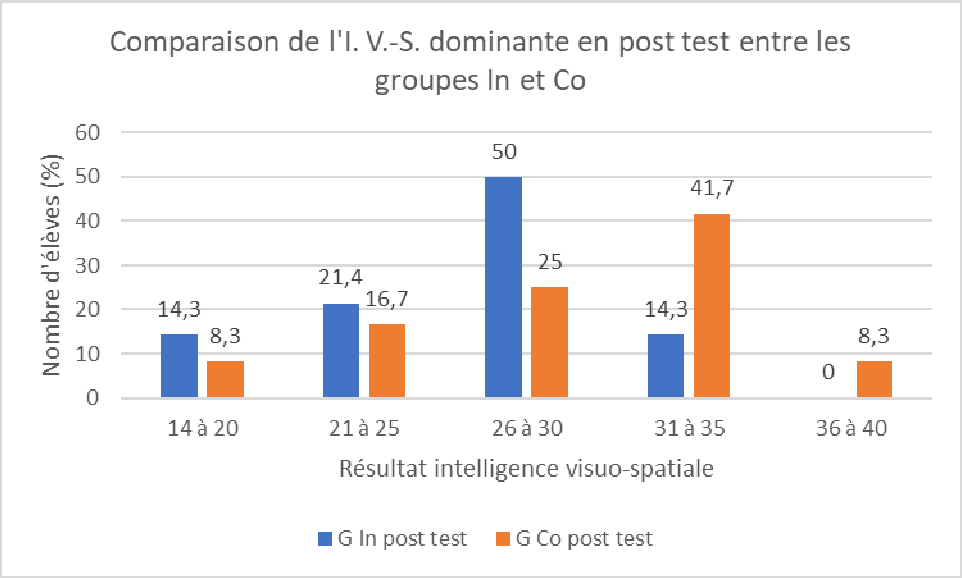
Ceci pourrait s'expliquer par une mise en difficulté par l'apprentissage au moyen des cartes mentales, ou une phase d'adaptation nécessaire plus longue.

5.4. Etude et discussion des résultats concernant l'hypothèse 2

L'hypothèse 2 suppose que la carte mentale va permettre de développer l'intelligence visuo-spatiale chez des individus où celle-ci n'est pas prédominante.



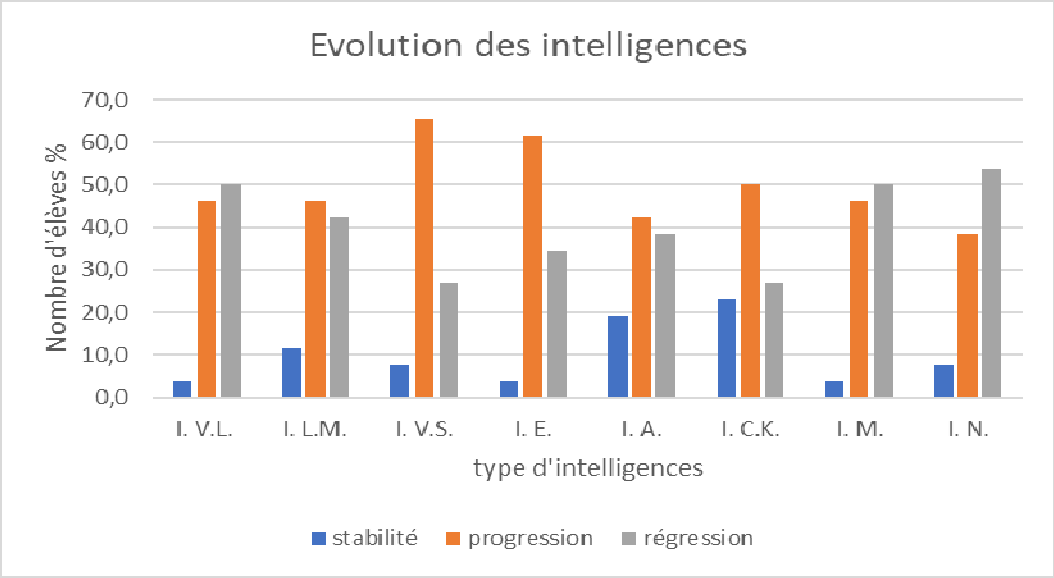
Graphique 5 : Comparaison de l'Intelligence V.-S. (I. V.-S.) entre le groupe In et Co en pré test.



Graphique 6 : Comparaison de l'Intelligence V.-S. (I. V.-S.) entre le groupe In et Co en post test

Le tableau 3 indiquait 8 élèves à dominance visuo-spatiale dans le groupe In et 7 élèves dans le groupe Co. Le graphique 5 en pré test montre que ces élèves se

répartissent avec des totaux dominants plus faibles, pour le groupe In et des totaux dominants plus importants, pour le groupe Co. Dans le groupe In, plus de la moitié des élèves ont des totaux dominants entre 26 à 30. Dans le groupe Co, les totaux dominants se situent entre 26 à 40 avec 75 % des élèves. En post test, on voit une augmentation de l'Intelligence V.-S. dominante des deux groupes. Dans le groupe In, les totaux dominants sont maintenant compris de 26 à 35, avec 7% de plus d'élèves. Dans le groupe Co, le pourcentage d'élèves et les totaux sont identiques, avec une répartition différente et une forte augmentation des totaux 31 à 35.



Graphique 7 : Evolution générale des Intelligences

	Elèves avec l'Intelligence V.-S. dans leur dominante				Elèves sans l'Intelligence V.-S. dans leurs dominantes			
	Progression	Régression	Stabilité	Total	Progression	Régression	Stabilité	Total
Gr. In	5	3	0	8	4	1	1	6
Gr. Co	3	3	1	7	5	0	0	5
Total	**8**	**6**	**1**		**9**	**1**	**1**	

Tableau 5 : Répartition des élèves en fonction de l'évolution de l'intelligence visuo-spatiale dans leurs dominantes

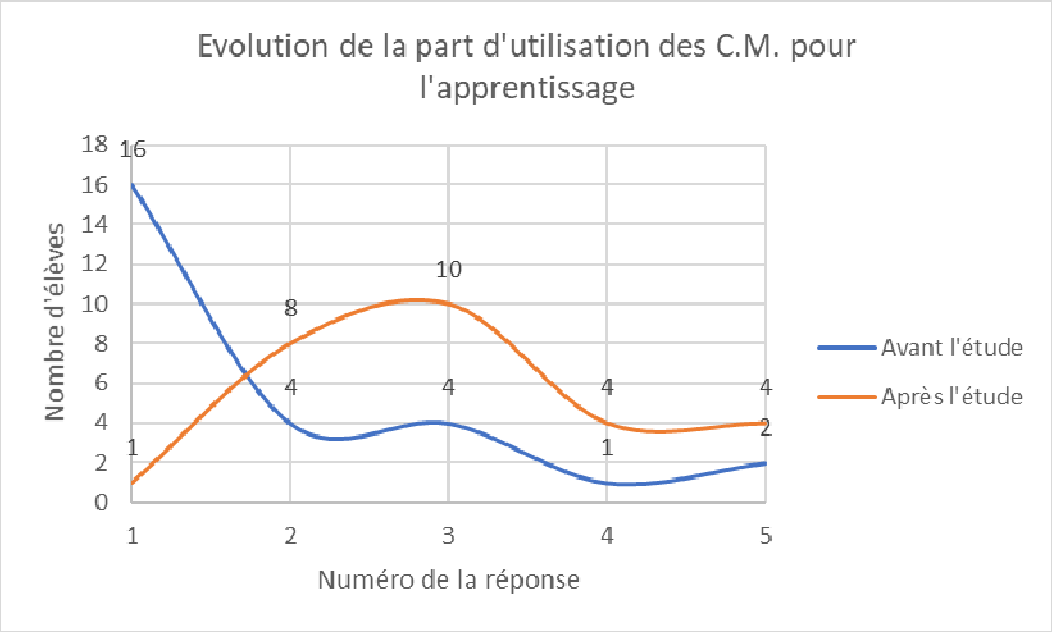
Le graphique 7 montre une évolution générale de l'intelligence visuo-spatiale. Le tableau 4 apporte en plus une étude spécifique de cette évolution avec les variations en progression, régression et stabilité. Ainsi, on peut voir que pour les élèves du groupe In à Intelligence V.-S. dominante, 5 sur 8 ont vu cette intelligence progresser. Dans les élèves du groupe Co à Intelligence V.-S. dominante, seul 3 sur 7 sont en progression. Pour les autres élèves, 4 sur 6 voient leur intelligence visuo-spatiale progresser dans le groupe In et tous progressent dans le groupe Co.

Dès lors, l'utilisation de cartes mentales a bénéficié aux élèves avec l'Intelligence V.-S. dans leurs dominantes. De plus, l'Intelligence V.-S. a progressé pour la majorité des élèves (sauf 2) où l'Intelligence V.-S. n'était pas dans leurs intelligences dominantes et particulièrement avec la conception collective. L'interaction entre les élèves a ainsi impliqué les élèves à intelligence non V.-S. et à les faire progresser dans ce domaine. On peut toutefois noter une forte proportion en régression pour les élèves avec une Intelligence V-S. développée.

5.5. Cartes mentales, utilisation et ressentis des élèves

Pour réviser, les élèves utilisent différents supports et techniques. Dans notre étude, nous avons seulement pris en considération l'outil carte mentale. Les élèves ont pu effectuer le travail demandé de conception de cartes mentales sans les utiliser pour leur apprentissage. Pour essayer de quantifier en partie l'utilisation des cartes

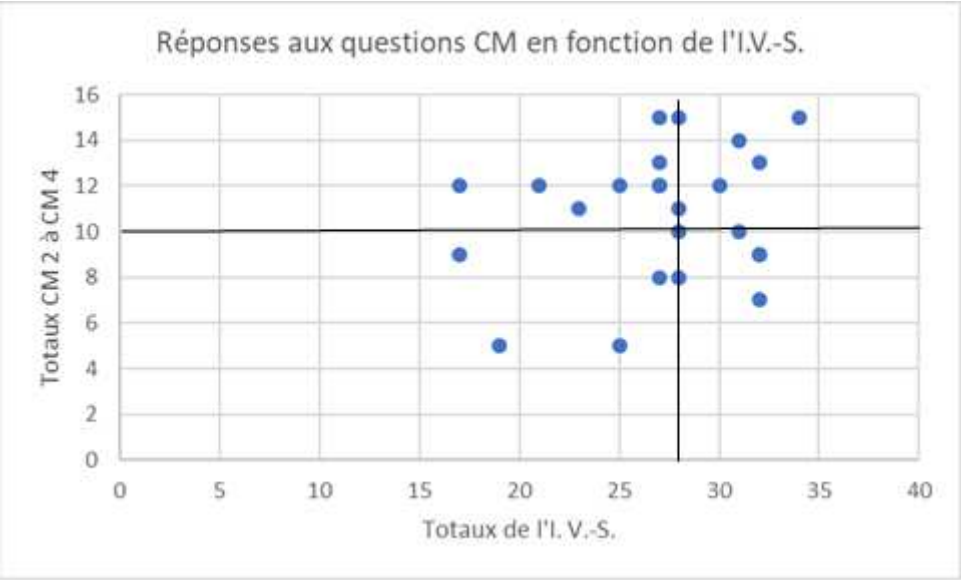
mentales dans leur apprentissage, ainsi que les bénéfices ressentis de l'apprentissage de ce nouvel outil, nous avons soumis un second Q.C.M. en post test à la classe test (ANNEXE XIII). Les réponses demandées sont les mêmes que le précédent Q.C.M. Le but est de vérifier si les élèves avec une intelligence visuo-spatiale développée se retrouve dans cet outil d'apprentissage.



Graphique 8 : Evolution de la part d'utilisation des cartes mentales pour l'apprentissage

Nous voyons ici que la part d'utilisation des cartes mentales est en forte croissance. Un seul élève a répondu ne pas s'en servir. Les autres les ont utilisées un minima, avec un mode à « moyennement comme moi ».

Concernant les bénéfices ressentis de l'apprentissage de ce nouvel outil, nous avons associé la somme des réponses du 2ème Q.C.M. (CM 2 à CM4 (ANNEXE XIII)) au degré d'intelligence visuo-spatiale. Nous nous attendons alors à avoir une somme élevée (élèves qui ont ressentis un fort bénéfice des cartes mentales) en correspondance avec un haut degré d'intelligence visuo-spatiale.



Graphique 9 : Sommes des réponses aux questions CM2 à CM 4 en fonction de l'Intelligence V.-S. pour l'ensemble de la classe (24 élèves (doublon du point 27/12 et 32/9))

Nous devons d'abord déterminer les limites où l'on considère l'Intelligence V.-S. et le bénéfice ressenti élevés. Nous avons pris comme limite d'Intelligence V.-S. « 28 » (correspondant à la moyenne des Intelligence V.-S. dominante) et « 10 » comme limite de somme (qui correspond à au moins 1 réponse « beaucoup comme moi » et 2 « moyennement comme moi »).

Nous avons dû exclure 2 nouveaux élèves qui n'ont pas répondu aux questions du 2ème Q.C.M. Ces élèves avaient pourtant une forte Intelligence V.-S. et rendu des cartes mentales bien construites.

On voit que l'on a un regroupement de 8 sur 24 élèves dans la zone supérieure droite qui correspond à nos attendus.

Dans l'ensemble, il semblerait donc ne pas y avoir une corrélation entre bénéfice ressenti et Intelligence V.-S. dominante. Pourtant, en comparant les cartes mentales rendues et classées avec le bénéfice ressenti, ceux qui se sont le plus impliqués, sont ceux qui ont trouvé une utilité dans les cartes mentales. A l'inverse, ceux qui ont rendu des cartes mentales simplistes ou brouillons, sont ceux qui n'ont pas trouvé d'utilité. Cette comparaison reste quantitative car nous n'avons pas fait ressortir les noms lors des photos des cartes mentales. On ne peut pas faire de suivi individuel.

Ces dernières remarques se basent sur nos observations et discussions lors des séances.

5.6. Critiques et limites des résultats

La première critique se situe au niveau des controverses autour de la théorie des intelligences multiples dont nous avons exprimé les grandes lignes au chapitre 1.

Ensuite, nous nous intéressons au cadre d'expérimentation.

L'étude s'est effectuée sur un temps très court. Nous devions lors des séances effectuer le cours tout en gardant un temps de conception des cartes mentales, ce qui n'a pas été toujours possible. Ce manque de temps a été particulièrement pénalisant pour le groupe 2 où le travail demandé était en collectif. Au cours de ces 4 mois, les élèves ont eu aussi à faire à 3 intervenants pour un même cours (leur enseignant référent et nous-mêmes). Cette particularité n'est pas forcément évidente à appréhender et peut avoir perturbé certains élèves dans leur apprentissage et motivation pour la matière.

Dans un autre registre, nous avons eu une classe sans contrôle commun avec une autre 1ère S. Ceci nous aurait permis d'avoir une vraie classe témoin et d'effectuer des comparaisons sur l'ensemble des données (Evolution des intelligences, évolution des notes).

Enfin, le faible échantillon d'élèves de départ auquel s'ajoute un fort absentéisme, nous a obligé à exclure des élèves de certaines parties de l'étude. Il est devenu dès lors utopique de généraliser notre étude. Cette étude ne peut donc qu'être une base de réflexion sur la carte mentale comme dispositif d'apprentissage.

Enfin, nous nous intéressons à la méthodologie employée.

La carte mentale est, comme précisée dans la définition, personnelle. Il est donc difficile de l'évaluer. Pour chaque carte, il aurait fallu discuter avec son concepteur de sa justification des liens et couleurs utilisés. De plus, nous avons utilisés les cartes mentales comme outil d'apprentissage. Cette intervention a imposé aux élèves du

travail supplémentaire, ce qui a pu nuire à leur implication et motivation à participer à l'étude, jusqu'à ce qu'ils arrivent à attribuer de la valeur à cet outil.

L'utilisation de questionnaire d'auto évaluation peut aussi être remise en question, surtout sur des sujets personnels. Il peut y avoir un biais par le fait que l'évalué est évaluateur. De plus, pour le suivi, il n'y avait pas d'anonymat, est-ce là la raison pour laquelle certaines questions ne possédaient pas de réponses ? Par chance, ce manque de réponse ne se situait pas au niveau de l'Intelligence V.-S. et fut très sporadique.

Lors des D.S., nous ne nous sommes pas intéressés à la mobilisation de l'I. V-S. dans ceux -ci. Le questionnement et les réponses attendus favorisés peut être les élèves à Intelligence V.-S. dominante.

Enfin, la C.M. collective fut compliquée à mettre en application. Après les brainstormings collectifs et le placement des mots clés en classe, nous les avons laissé s'organiser en groupe d'affinité entre eux pour la finalisation. Nous aurions pu subdiviser le groupe Co en sous-groupe de 4 ou 5 élèves. Ces sous-groupes étant chargés de concevoir une carte mentale ensemble, collective. Ceci nous aurait permis de ne pas faire toute la partie placement des mots clés et donc de gagner du temps sur le cours. Ce dispositif aurait aussi évité que certaines personnes travaillent seules.

6. Conclusion

Notre mémoire avait pour objectif de s'intéresser aux apports de la carte mentale dans l'apprentissage des savoirs en Sciences de la Vie et de la Terre. L'utilité de la carte mentale n'étant plus à démontrer, nous nous sommes interrogés sur la manière dont un usage individuel ou collectif de la carte mentale favorise l'apprentissage et le développement des compétences visuo-spatiales.

A la vue des résultats de notre courte expérimentation, il semblerait que la carte mentale facilite l'apprentissage pour les élèves avec un profil d'intelligence visuo-spatiale, et intervienne aussi dans la construction de cette intelligence. En effet, les élèves avec un profil Intelligence V.-S. ont eu de meilleurs résultats aux contrôles. Pour ceux dont ce profil n'était pas dominant au départ, ils ont vu une progression de celui-ci et particulièrement lors d'une conception collective de la carte mentale.

Ces résultats sont toutefois nuancés par un nombre non négligeable de limites à notre expérimentation. Les principales étant la durée réduite d'expérimentation, le panel restreint d'individus avec lesquelles nous avons mis en place notre expérimentation et la controverse autour de la théorie. Peut-on s'appuyer sur une théorie avec des biais scientifiques ? Ne doit-on pas attendre une évolution dans sa définition globale par l'apport d'autres recherches scientifiques ? Tout comme la théorie de la « dérive des continents » qui a évolué en modèle de la tectonique des plaques.

Il serait intéressant de mettre en application notre expérimentation avec un échantillon plus important d'élèves et, surtout sur une durée de temps plus longue pour que les élèves s'approprient mieux cet outil.

Une étude avec la participation d'autres matières pourrait aussi permettre de généraliser nos conclusions ou au contraire mettre en évidence une variation d'une autre forme d'intelligence.

Références bibliographiques et sitographiques

De Broeck Fabienne (2016), Enseigner autrement avec le mind mapping, Pierre Mongin, Dunod.

Gardner Howard (2008), Les intelligences multiples, la théorie qui bouleverse nos idées reçues, Retz.

Gelb, M.J. & Buzan T. (1994), Lessons from the art of juggling. How to achieve your potential in business, learning and life. Harmony books.

Longeon Thomas, (2010) Les cartes heuristiques au service d'une pédagogie active. Actes de la conférence TICE 2010 - Conférence TICE 2010, 2010, Communications Retours D'Expériences, pp.5. <halshs-00859450>

Régnard Delphine, (2010), Apports pédagogiques de l'utilisation de la carte heuristique en classe, Ela. Études de linguistique appliquée (n° 158), p. 215-222.

http://www.cnrtl.fr

http://www2.cegep-ste-foy.qc.ca/freesite/fileadmin/groups/158/documents/Intelligences_multiples.pdf

http://cms.ac-martinique.fr/structure/ash/file/LA_THEORIE_DES_INTELLIGENCES_MULTIPLES_Howard_Gardner.pdf

http://www.heuristiquement.com/2013/03/carte-conceptuelle-et-carte-heuristique.html

https://www.fondation-lamap.org/fr/page/56092/que-peut-on-dire-de-lidee-dintelligences-multiples-et-de-son-application-en-classe

http://cll.qc.ca/Publications/Intelligences%20multiples.pdf

Index des abréviations

C.M. : Carte Mentale

C.R.N.T.L. : Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales

D.S. : Devoir Surveillé

Gr : Groupe

I. A. : Intelligence Intrapersonnelle

I. C.K. : Intelligence Corporelle/ Kinesthésique

I. E. : Intelligence Interpersonnelle

I. L.M. : Intelligence Logico/Mathématique

I. M. : Intelligence Musicale

I. N. : Intelligence Naturaliste

I.V.L. : Intelligence Verbale/ linguistique

Intelligence V.-S. : Intelligence Visuo-spatiale

M.E.E.F. : Métiers de l'Enseignement, de l'éducation et de la Communication

Q.C.M. : Question à Choix Multiple

S. 4C. : Socle Commun de Compétences, de Connaissances et de Cultures

S.V.T. : Sciences de la Vie et de la Terre

Index des tableaux et des figures

Tableau 1 : Critères de classement des cartes mentales

Tableau 2 : Nombre d'élèves en fonction de leur intelligence principale

Tableau 3 : Nombre d'élèves avec l'Intelligence V.-S. dans ses dominantes

Graphique 1 : Evolution de l'intelligence principale avec la classe test

Graphique 2 : Evolution de l'intelligence principale avec la classe témoin

Graphique 3 : Comparaison par groupe d'intelligences dominantes (Intelligence V.-S. ou autres) en fonction des résultats aux contrôles pour le groupe In

Graphique 4 : Comparaison par groupe d'intelligences dominantes (Intelligence V.-S. ou autres) en fonction des résultats aux contrôles pour le groupe Co

Tableau 4 : Moyenne des élèves regroupés en fonction de leur Intelligence V.-S. dominante ou des autres élèves

Graphique 5 : Comparaison de l'Intelligence V.-S. entre le groupe In et Co en pré test

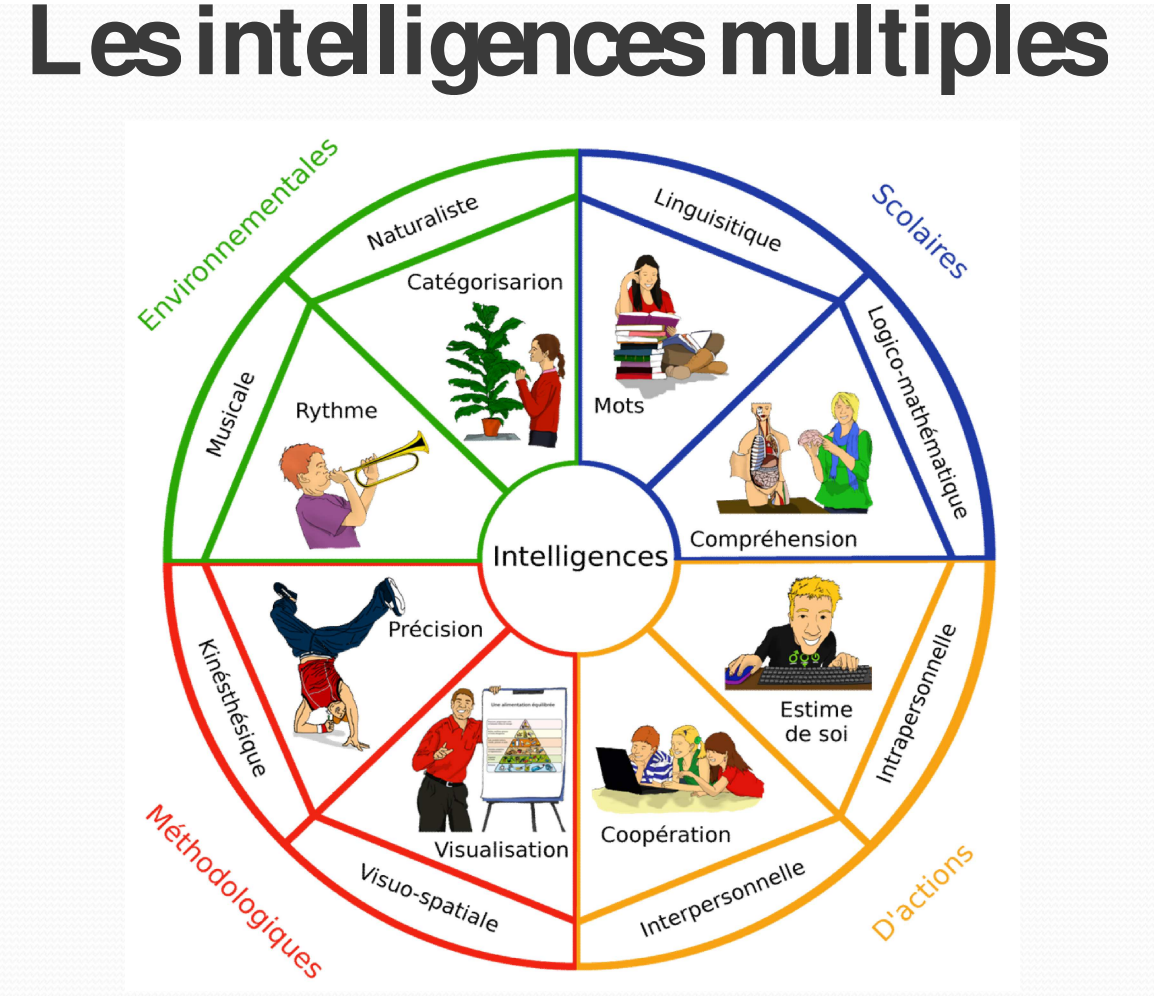
Graphique 6 : Comparaison de l'Intelligence V.-S. entre le groupe In et Co en post test

Graphique 7 : Evolution générale des intelligences

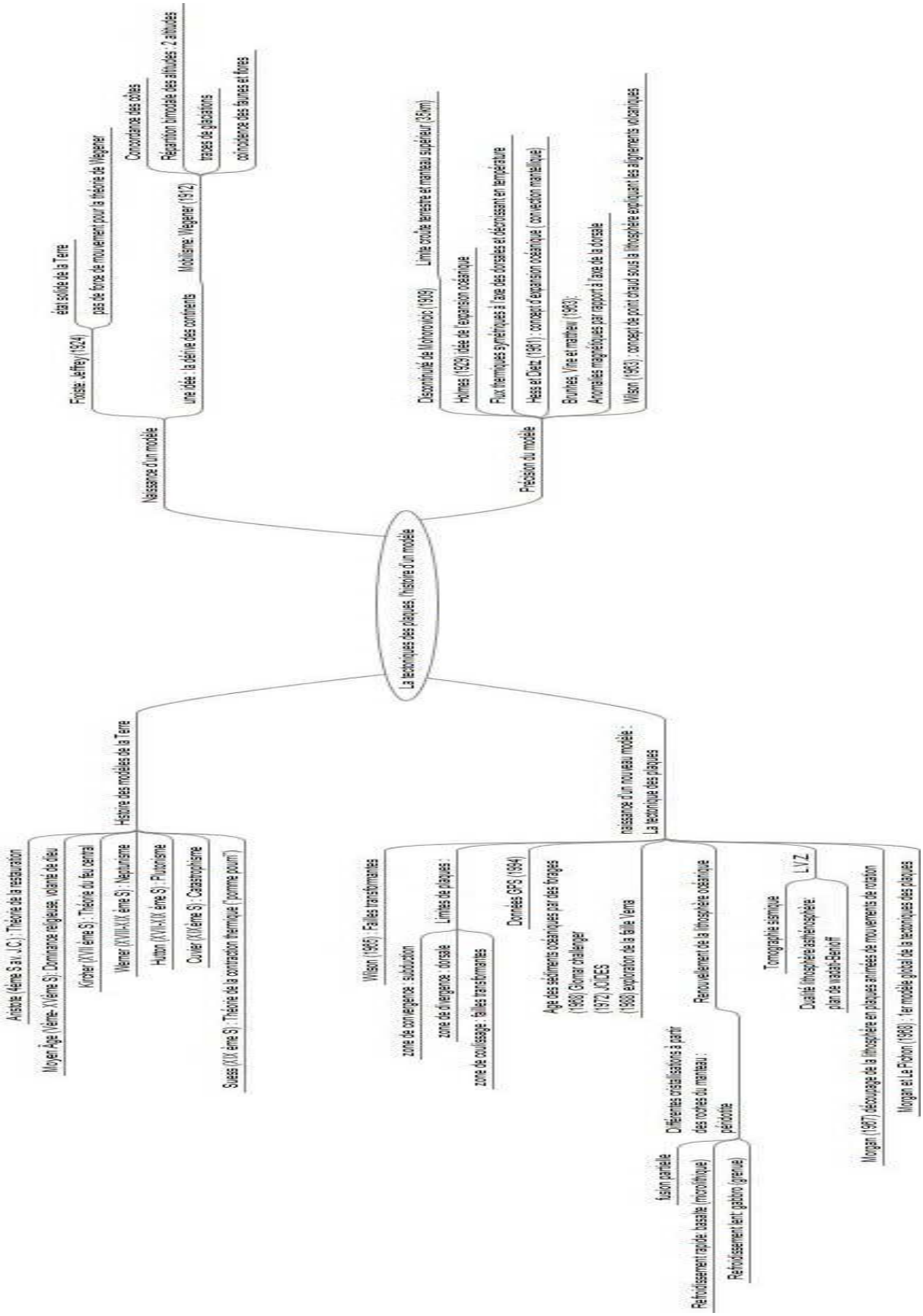
Tableau 5 : Répartition des élèves en fonction de l'évolution de l'Intelligence V.-S. dans leurs dominantes

Graphique 8 : Evolution de la part d'utilisation des Cartes mentales pour l'apprentissage

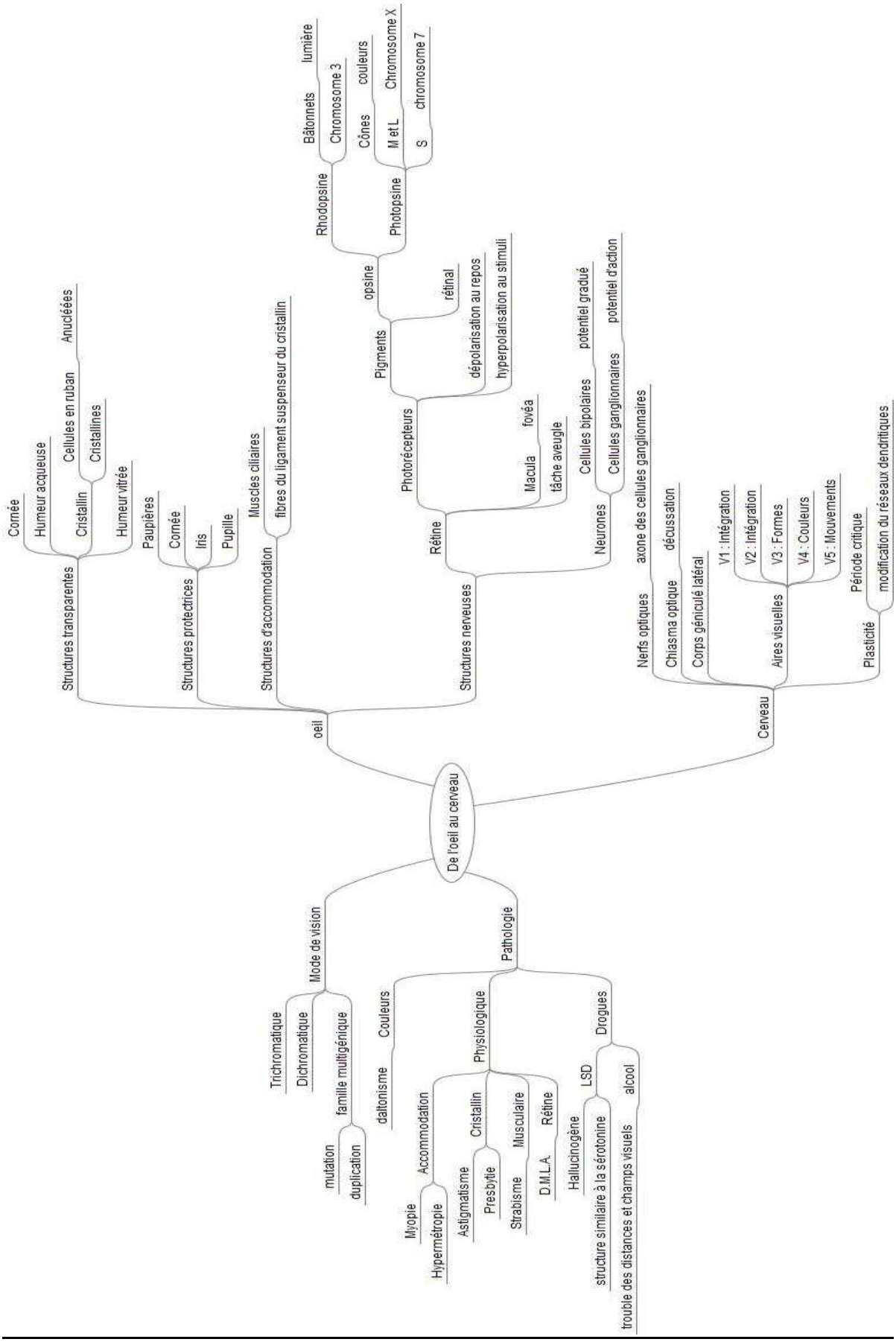
Graphique 9 : Sommes des réponses aux questions CM 2 à CM 4 en fonction de l'Intelligence V.-S. pour l'ensemble de la classe



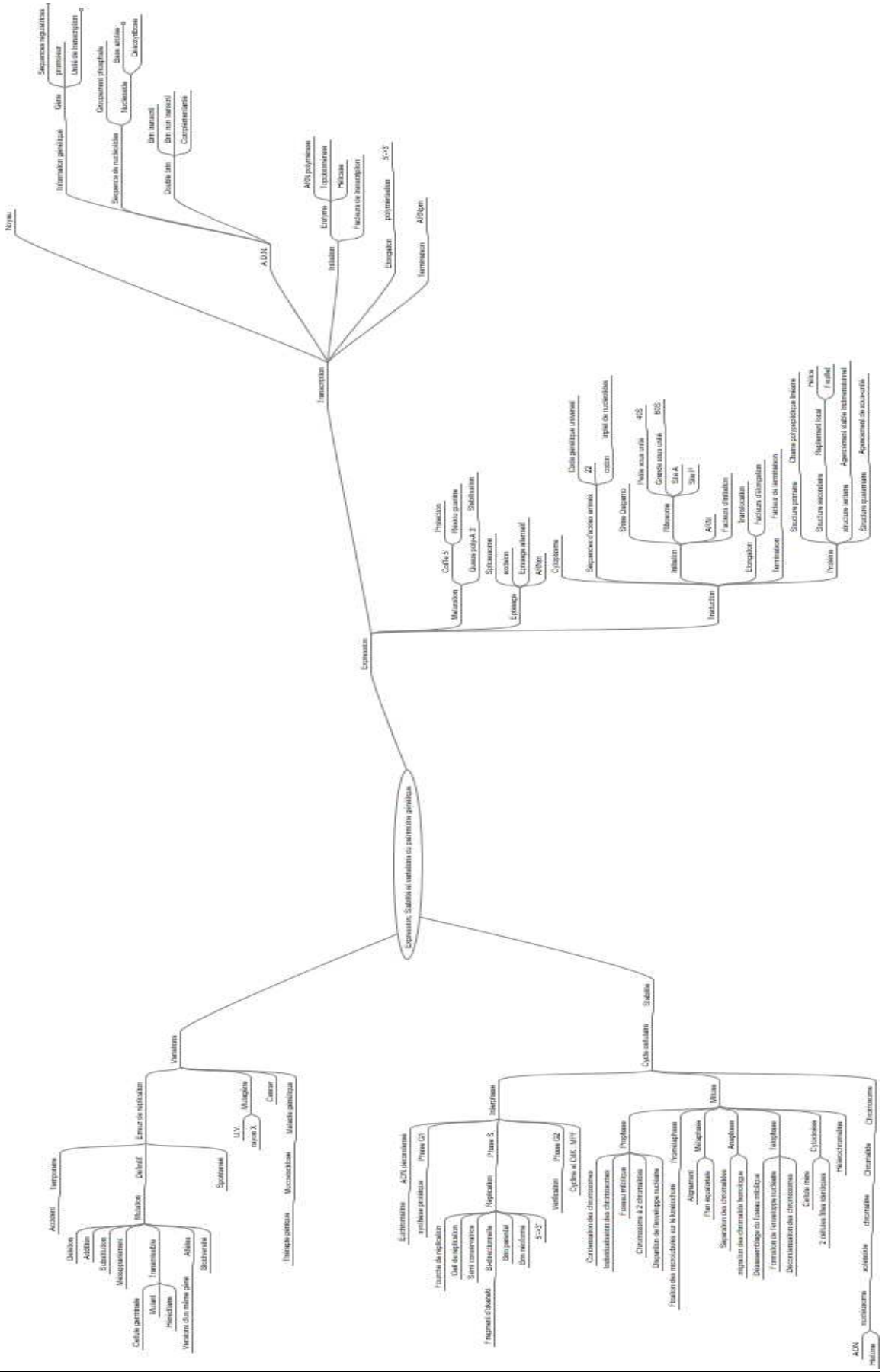
ANNEXE I : représentation schématique des intelligences multiples.



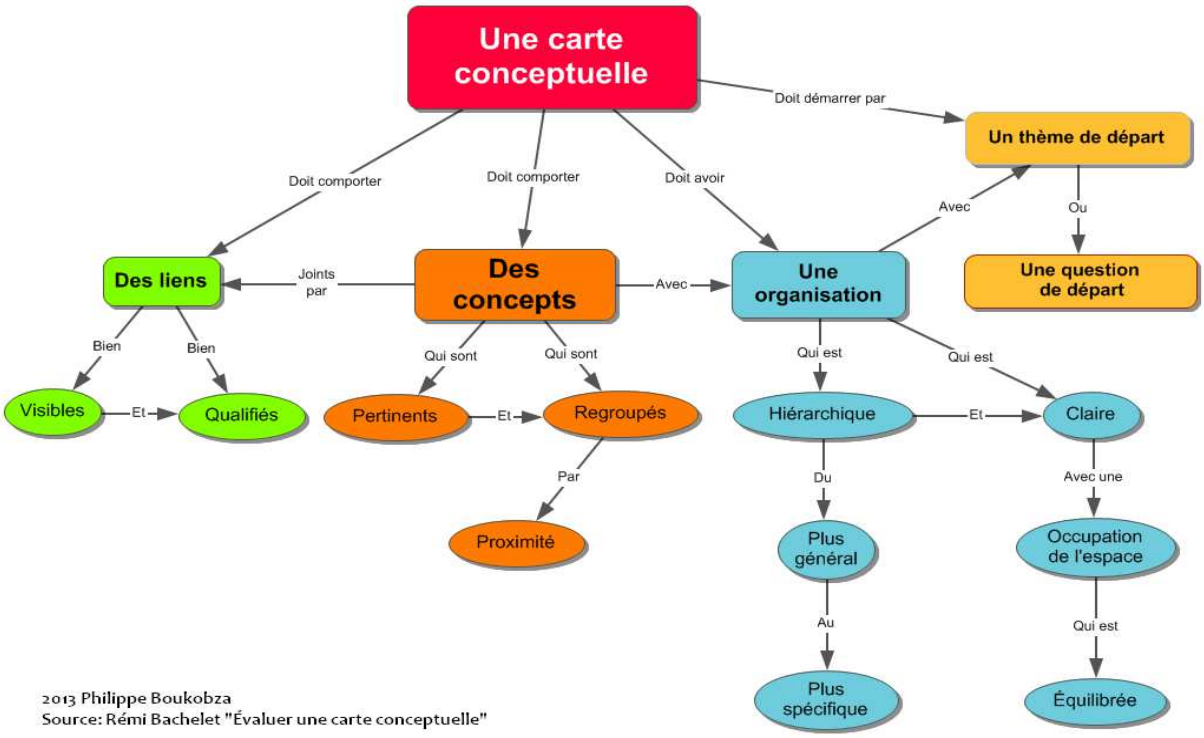
ANNEXE II : Carte mentale sur le thème de la tectonique des plaques : l'histoire d'un modèle (logiciel FreeMind) (carte visible à la suite du mémoire)



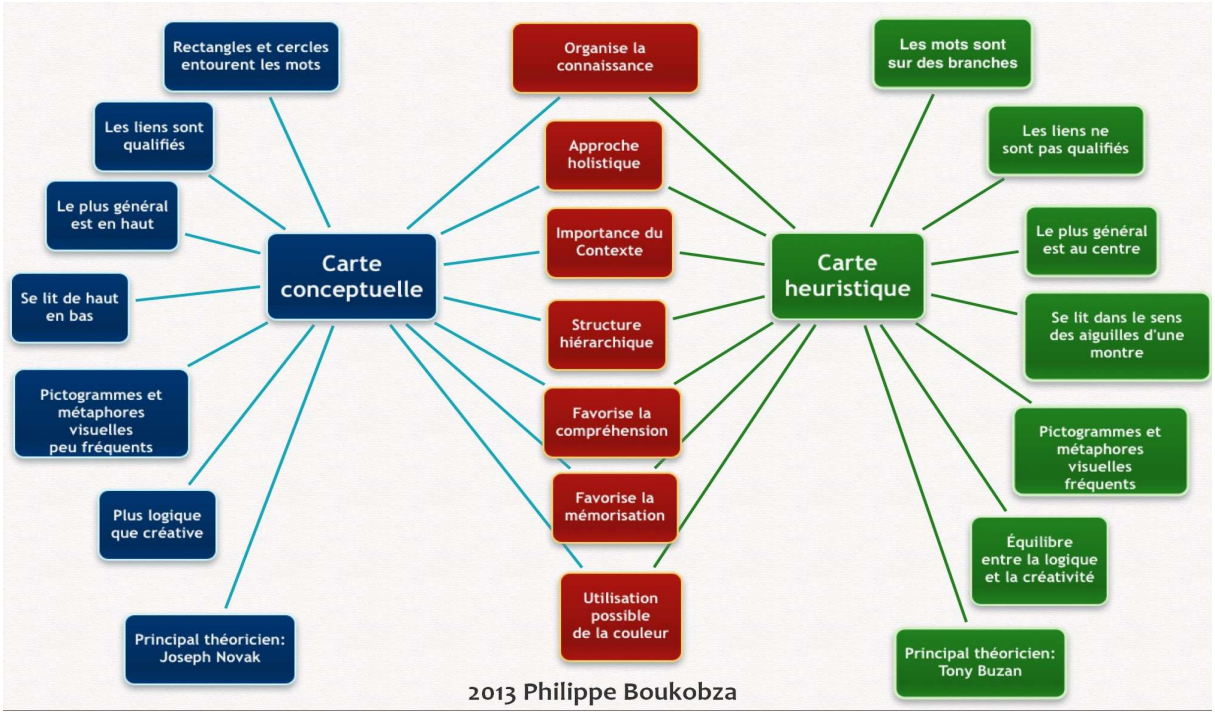
ANNEXE III : Carte mentale sur le thème « de l'œil au cerveau » (logiciel freemind) (carte visible à la suite du mémoire)



ANNEXE IV : Carte mentale sur le thème de la génétique (logiciel freemind) (carte visible à la fin du mémoire)



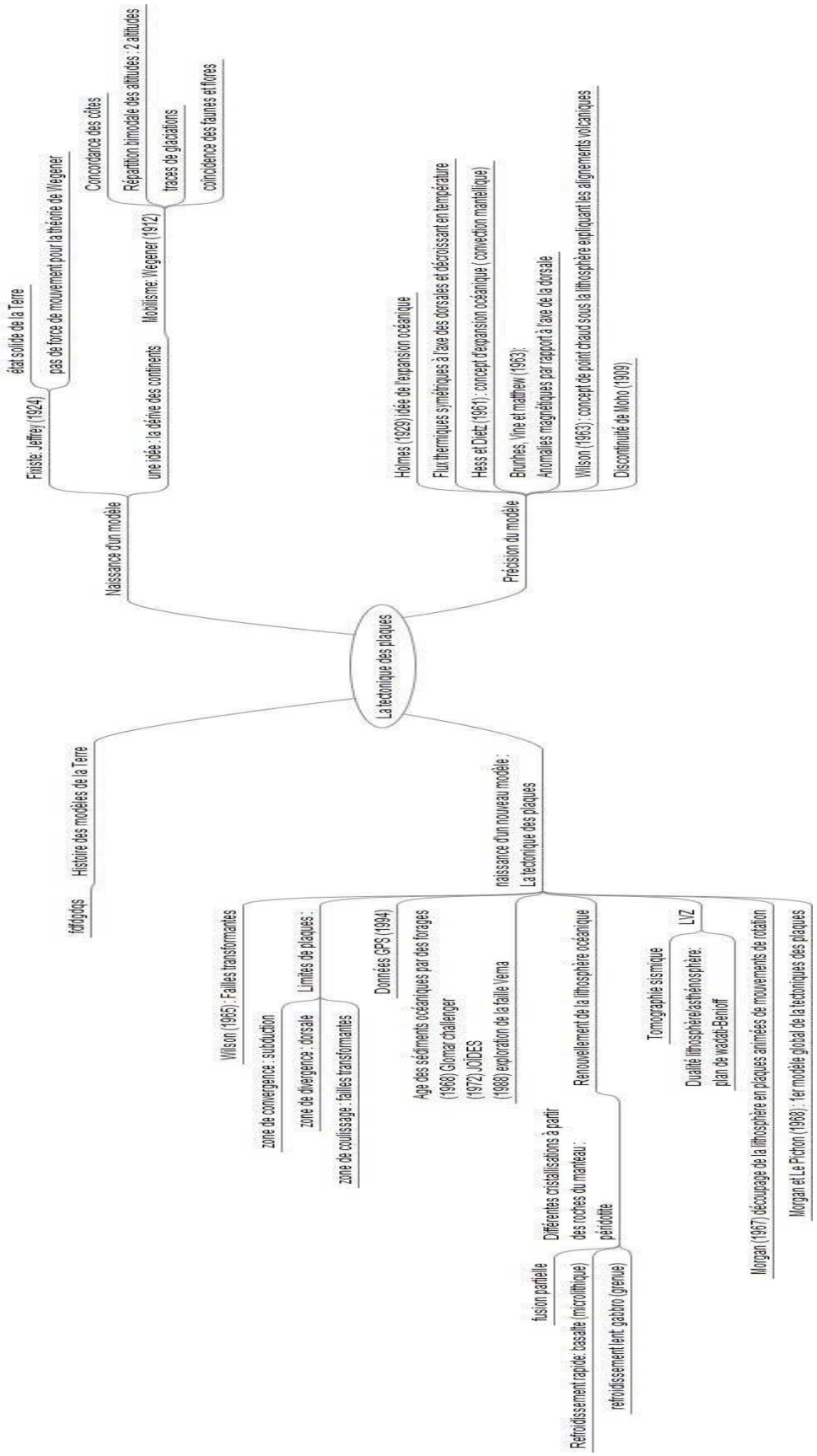
ANNEXE V : Exemple de carte conceptuelle



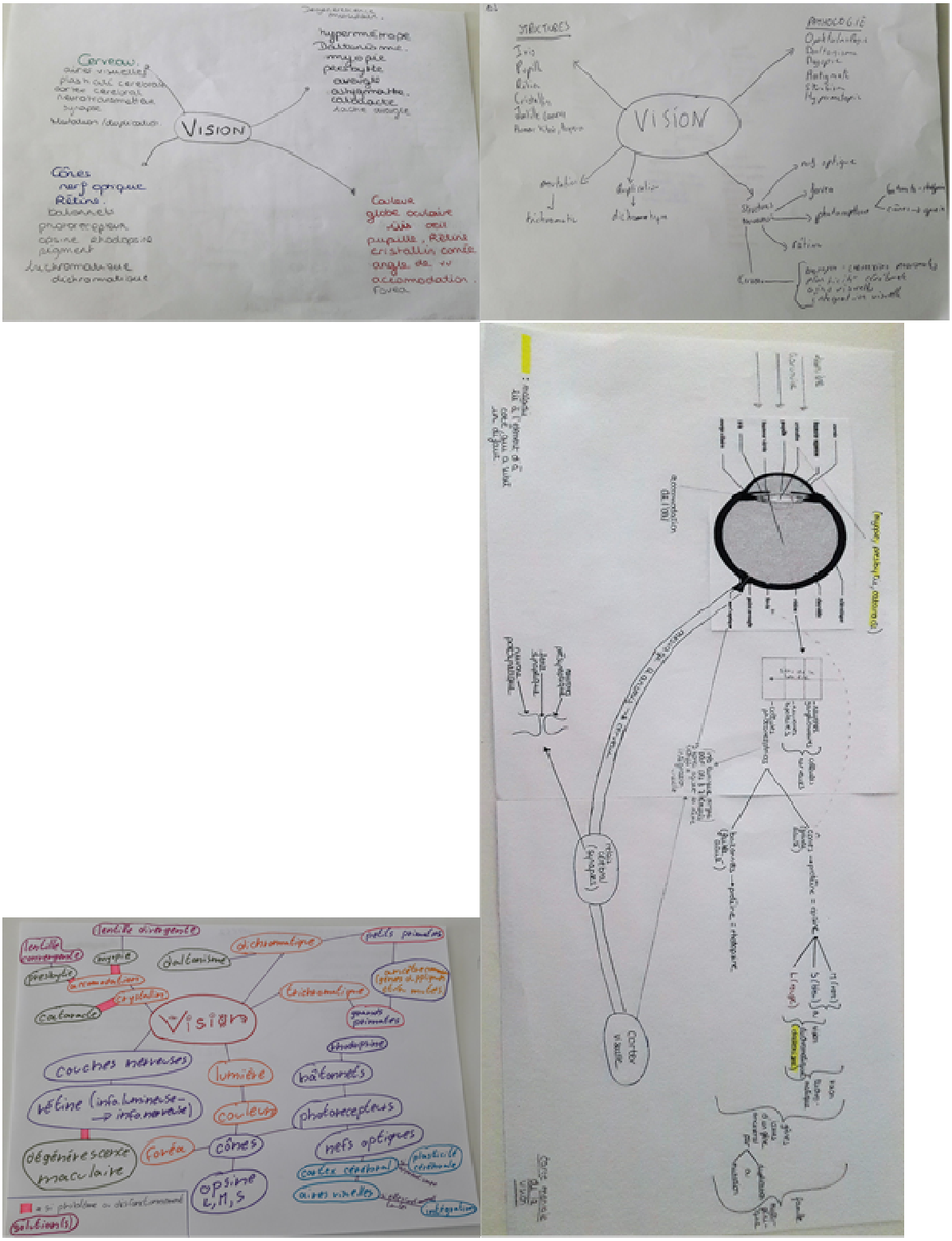
ANNEXE VI : Différences entre Carte mentale et Carte conceptuelle

NOM PRENOM						
	Pour chacun des énoncés, cochez la case appropriée selon l'échelle suivante :					
	1. Pas du tout comme moi					
	2. Un peu comme moi					
	3. Moyennement comme moi					
	4. Beaucoup comme moi					
	5. Tout à fait comme moi					
	QVL	1	2	3	4	5
QVL 2.1	1- J'aime les jeux de mots et autres blagues du genre.					
QVL 2.2	2- Je me sens à l'aise dans le monde de la langue et des mots et j'en tire un renforcement positif.					
QVL 2.3	3- J'aime faire des mots croisés et jouer à des jeux comme ScrabbleMC.					
QVL 2.4	4- Je me rappelle mot pour mot ce que les gens me disent.					
QVL 2.5	5- J'aime participer à des débats ou à des discussions.					
QVL 2.6	6- Je préfère les questions à développer que les questions à choix multiples.					
QVL 2.7	7- J'aime tenir un journal ou écrire des histoires ou des articles.					
QVL 2.8	8- J'aime beaucoup lire.					
	QLM	1	2	3	4	5
QLM 2.1	1- Je travaille mieux quand mon plan de travail est bien organisé.					
QLM 2.2	2- J'aime les mathématiques et les sciences.					
QLM 2.3	3- Je garde une liste des choses à faire.					
QLM 2.4	4- J'aime jouer à des jeux de réflexion ou qui font appel à la pensée logique comme JeopardyMC et ClueMC.					
QLM 2.5	5- J'aime savoir le pourquoi des choses et chercher des éclaircissements aux questions qui m'intéressent.					
QLM 2.6	6- Je travaille mieux avec un agenda ou un calendrier.					
QLM 2.7	7- Je saisis rapidement les relations de cause à effet.					
QLM 2.8	8- Mes estimations sont souvent bonnes.					
	QVS	1	2	3	4	5
QVS 2.1	1- Je comprends les combinaisons de couleurs et vois quelles couleurs vont bien ensemble.					
QVS 2.2	2- J'aime faire des puzzles, des labyrinthes ou des jeux de patience.					
QVS 2.3	3- Je n'ai pas de mal à lire les cartes.					
QVS 2.4	4- J'ai un bon sens de l'orientation					
QVS 2.5	5- Dans les films, je m'intéresse particulièrement aux scènes et aux activités.					
QVS 2.6	6- Quand je dors, mes rêves me paraissent très réels.					
QVS 2.7	7- Je peux prévoir les mouvements et les conséquences dans un plan de jeu (par exemple au hockey, aux échecs).					
QVS 2.8	8- J'ai une mémoire surtout visuelle.					
	QIE	1	2	3	4	5
QIE 2.1	1- Je travaille mieux quand j'interagis avec les autres.					
QIE 2.2	2- Je préfère les sports d'équipe aux sports individuels.					
QIE 2.3	3- La présence des autres me donne de l'énergie.					
QIE 2.4	4- Je préfère faire des choses en groupe plutôt qu'être seul.					
QIE 2.5	5- J'aime apprendre à connaître les autres cultures.					
QIE 2.6	6- J'ai l'habitude de parler de mes problèmes personnels avec mes amis.					
QIE 2.7	7- J'aime partager mes idées et mes sentiments avec d'autres.					
QIE 2.8	8- Je travaille mieux au sein d'un groupe où je peux discuter avec les autres de diverses questions.					
	QIA	1	2	3	4	5
QIA 2.1	1- J'aime ma solitude et avoir un monde à moi.					
QIA 2.2	2- J'ai quelques amis proches.					
QIA 2.3	3- J'ai des opinions bien arrêtées sur des questions controversées.					
QIA 2.4	4- Je travaille mieux quand je peux le faire à mon rythme.					
QIA 2.5	5- Je ne me laisse pas influencer facilement par les autres.					
QIA 2.6	6- Je comprends bien ce que je ressens et comment je réagis aux circonstances.					
QIA 2.7	7- Je soulève souvent des questions sur les valeurs et les croyances.					
QIA 2.8	8- Je me sais responsable de mon comportement.					
	QCK	1	2	3	4	5
QCK 2.1	1- J'aime bouger, taper du pied ou me remuer quand je suis assis.					
QCK 2.2	2- J'aime les sports aux sensations extrêmes (comme le kayak de mer, la planche à neige, le vélo de montagne).					
QCK 2.3	3- Je suis curieux sur le plan des sensations et j'aime toucher les objets pour en sentir la texture.					
QCK 2.4	4- J'ai une bonne coordination.					
QCK 2.5	5- J'aime le travail manuel.					
QCK 2.6	6- Je préfère participer physiquement plutôt que de rester assis et de regarder.					
QCK 2.7	7- Je comprends mieux les choses si je les fais (les touche, les bouge ou interagis avec elles).					
QCK 2.8	8- J'aime créer, faire des choses avec mes mains.					
	QM	1	2	3	4	5
QM 2.1	1- Je joue de la musique dans ma tête.					
QM 2.2	2- Pour me rappeler des choses, je compose des comptines.					
QM 2.3	3- Il m'est facile de suivre le rythme d'une musique.					
QM 2.4	4- J'aime mettre une musique à des chansons ou des poèmes.					
QM 2.5	5- Quand une musique joue, je bats la cadence.					
QM 2.6	6- Je perçois les fausses notes.					
QM 2.7	7- Je trouve facile de m'engager dans des activités musicales.					
QM 2.8	8- Je suis fier de mes réalisations musicales.					
	QN	1	2	3	4	5
QN 2.1	1- J'ai une collection de coquillages, de tasses, de pierres, de cartes de hockey, etc.					
QN 2.2	2- Je remarque les similarités et les différences dans les arbres, les fleurs et autres objets de la nature.					
QN 2.3	3- Je contribue activement à la protection de l'environnement.					
QN 2.4	4- J'aime faire des fouilles et découvrir des objets et d'autres choses inhabituelles.					
QN 2.5	5- Je préfère être à l'extérieur qu'à l'intérieur.					
QN 2.6	6- J'aime faire des plantations et prendre soin d'un jardin.					
QN 2.7	7- J'aime pêcher et suivre des animaux à la piste.					
QN 2.8	8- La meilleure façon d'apprendre pour moi est d'aller en excursion, de voir des expositions sur la nature, etc.					

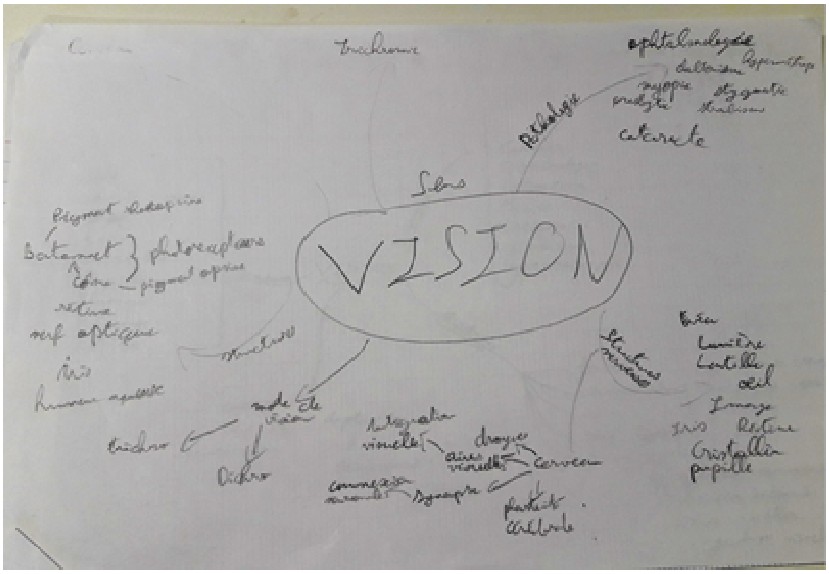
Annexe VII : Questionnaire de prétest et post test sur les intelligences multiples, Phyllis Reardon et Isabell Dyke de CTMI (Careers Trough Multiple Intelligences) Inc.

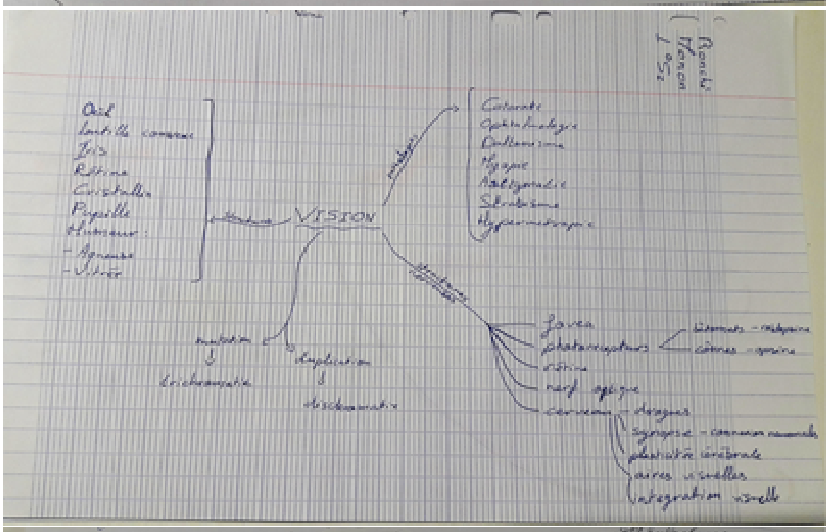


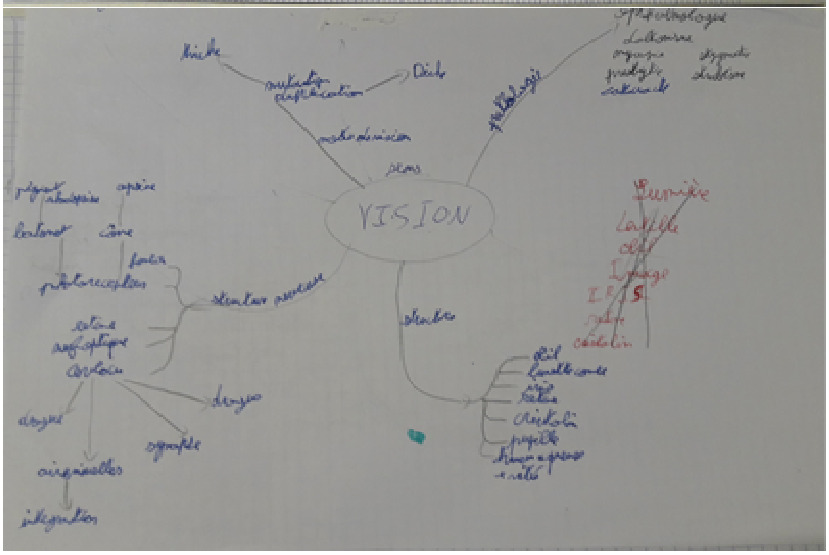
Annexe VIII : Carte mentale sur « la tectonique des plaques, l'histoire d'un modèle » construite avec les élèves.



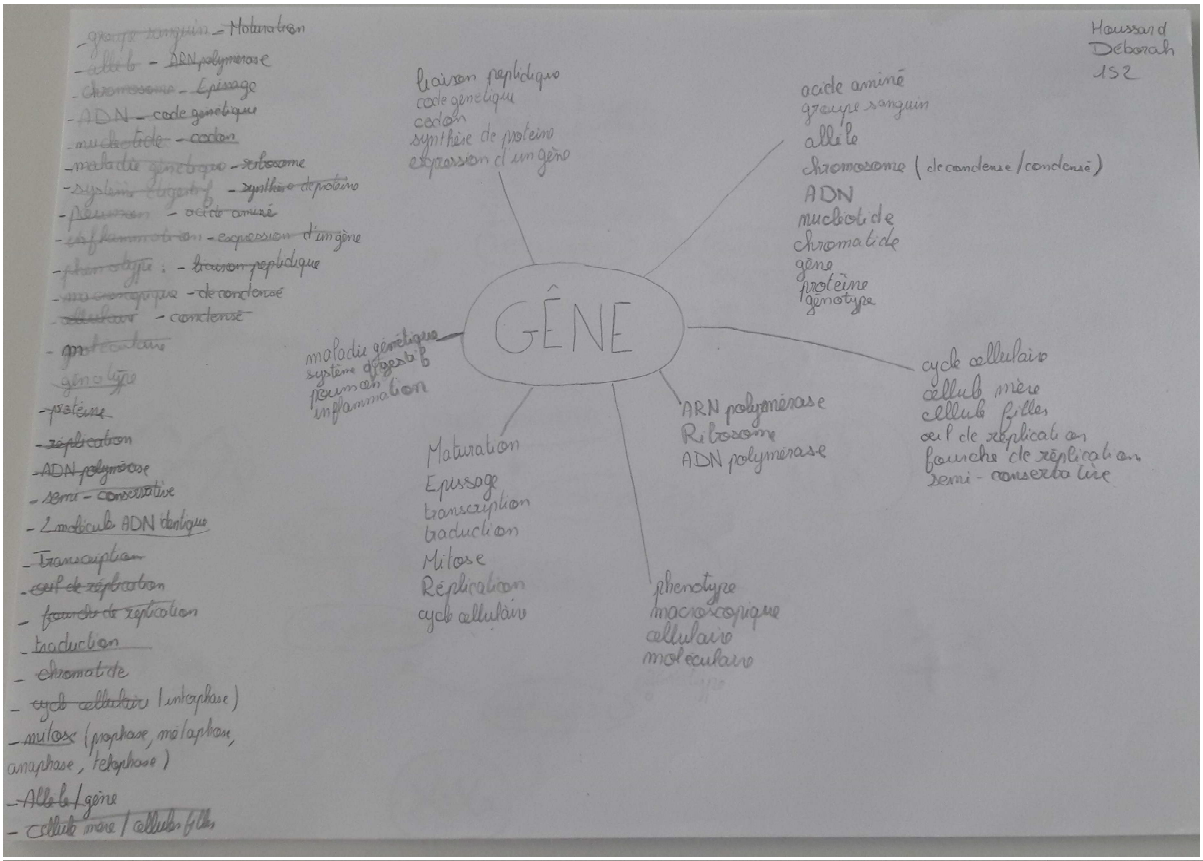
Annexe IX : Exemple de cartes mentales sur la vision faites par les élèves pour chaque catégorie (groupe In)

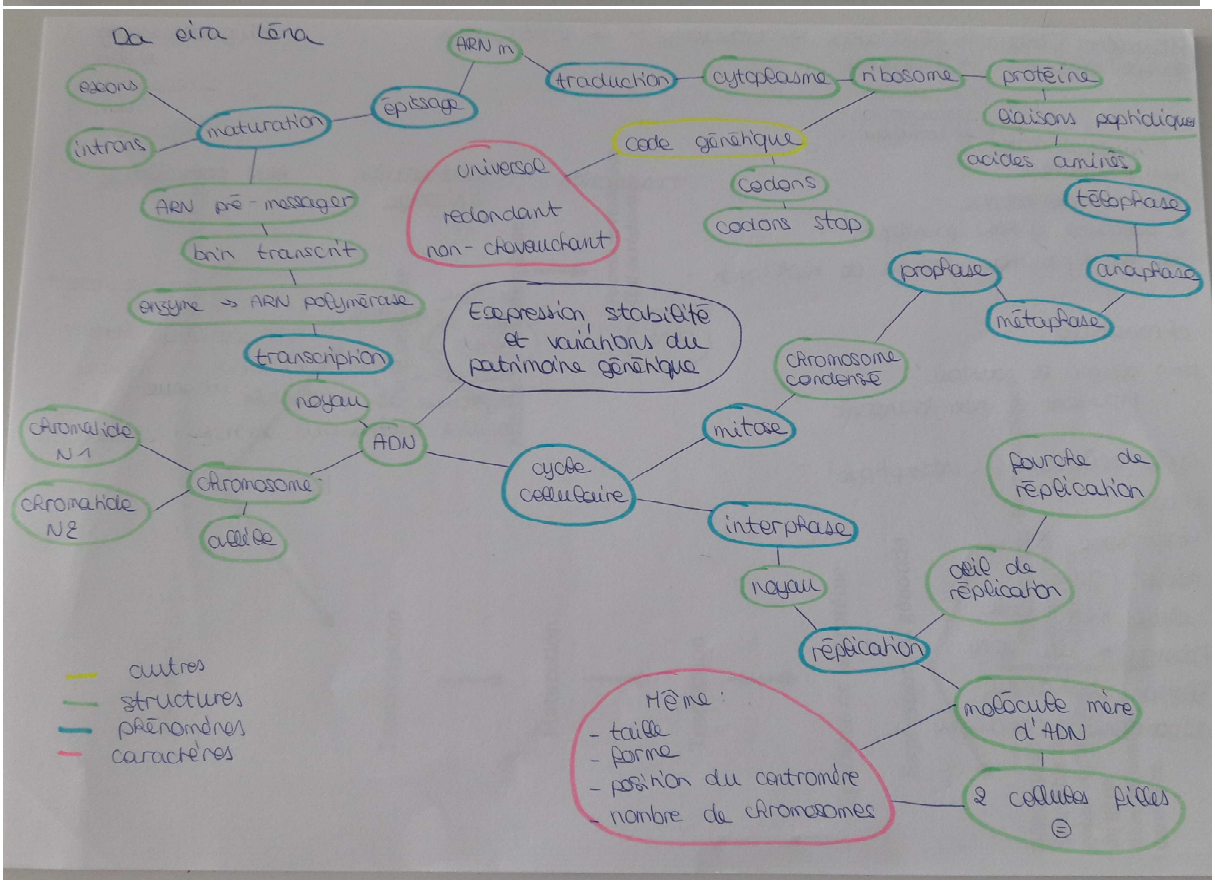


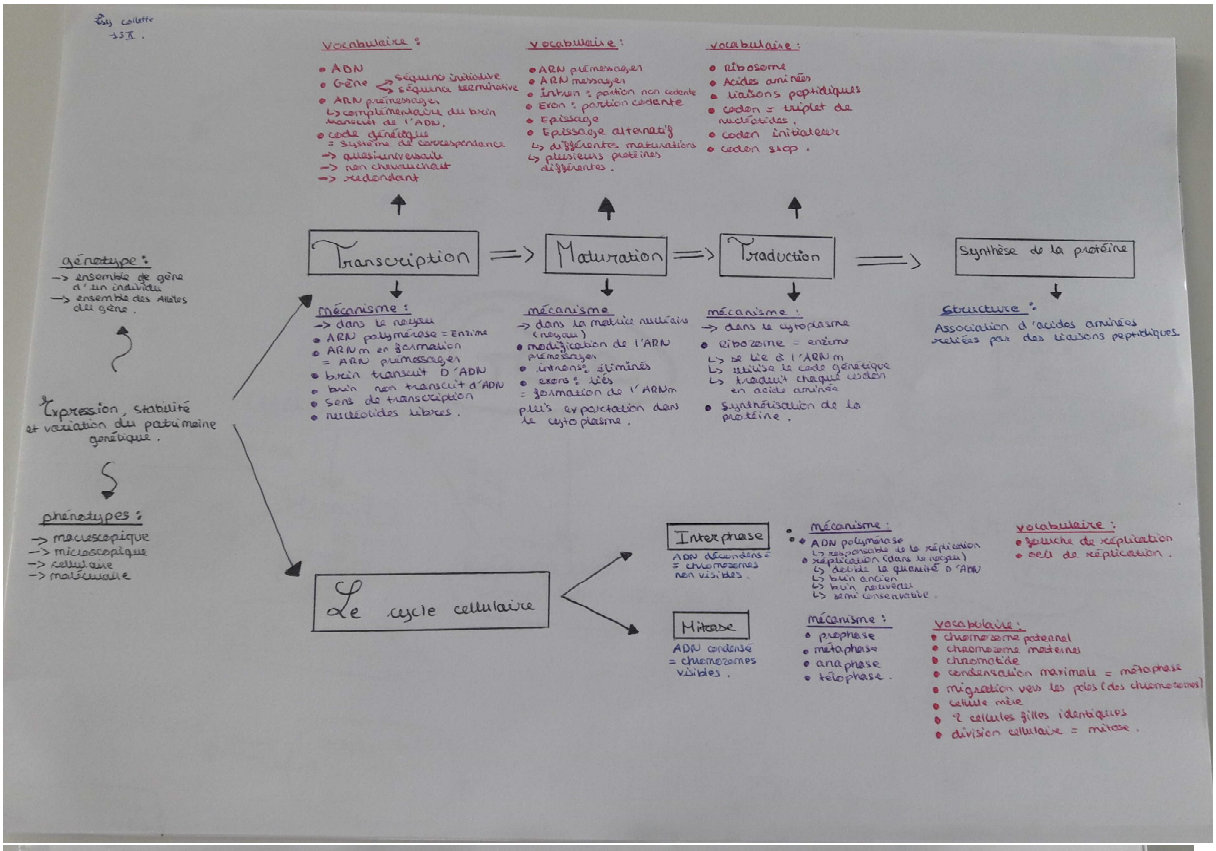


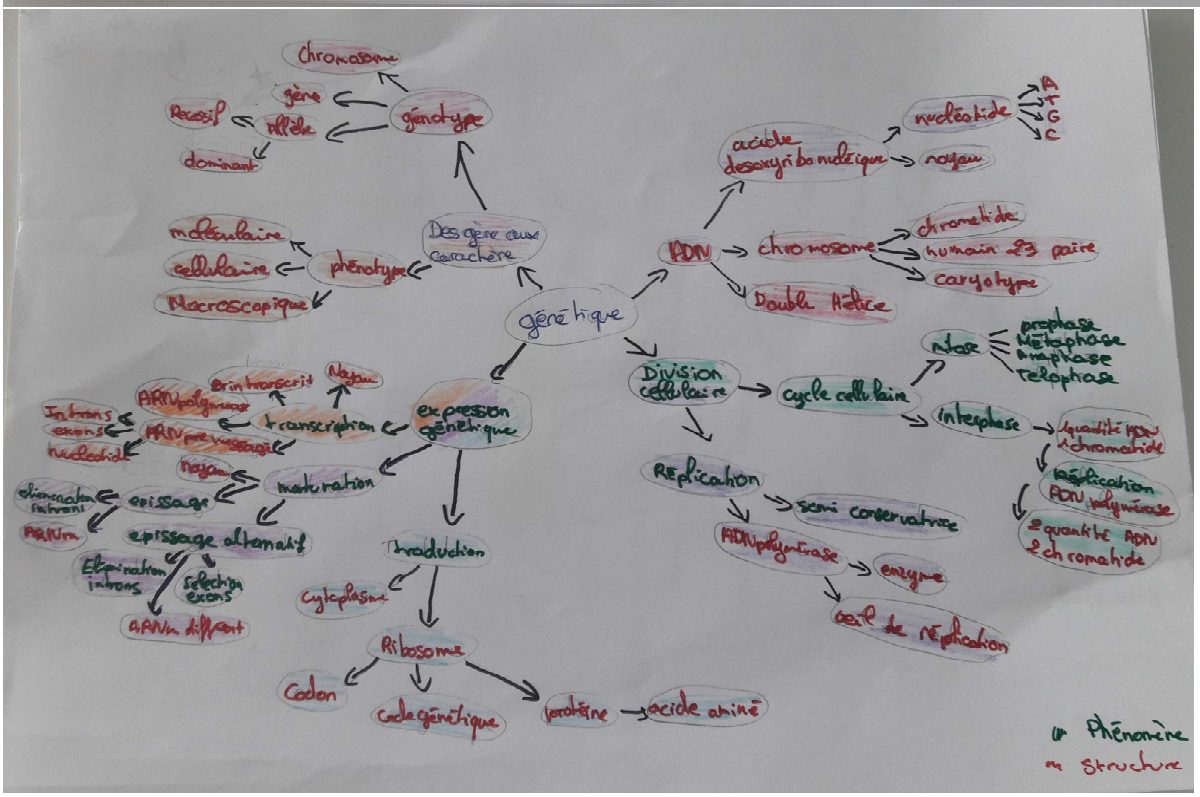


Annexe X : Exemple de cartes mentales sur la vision faites par les élèves pour chaque catégorie (Groupe Co)

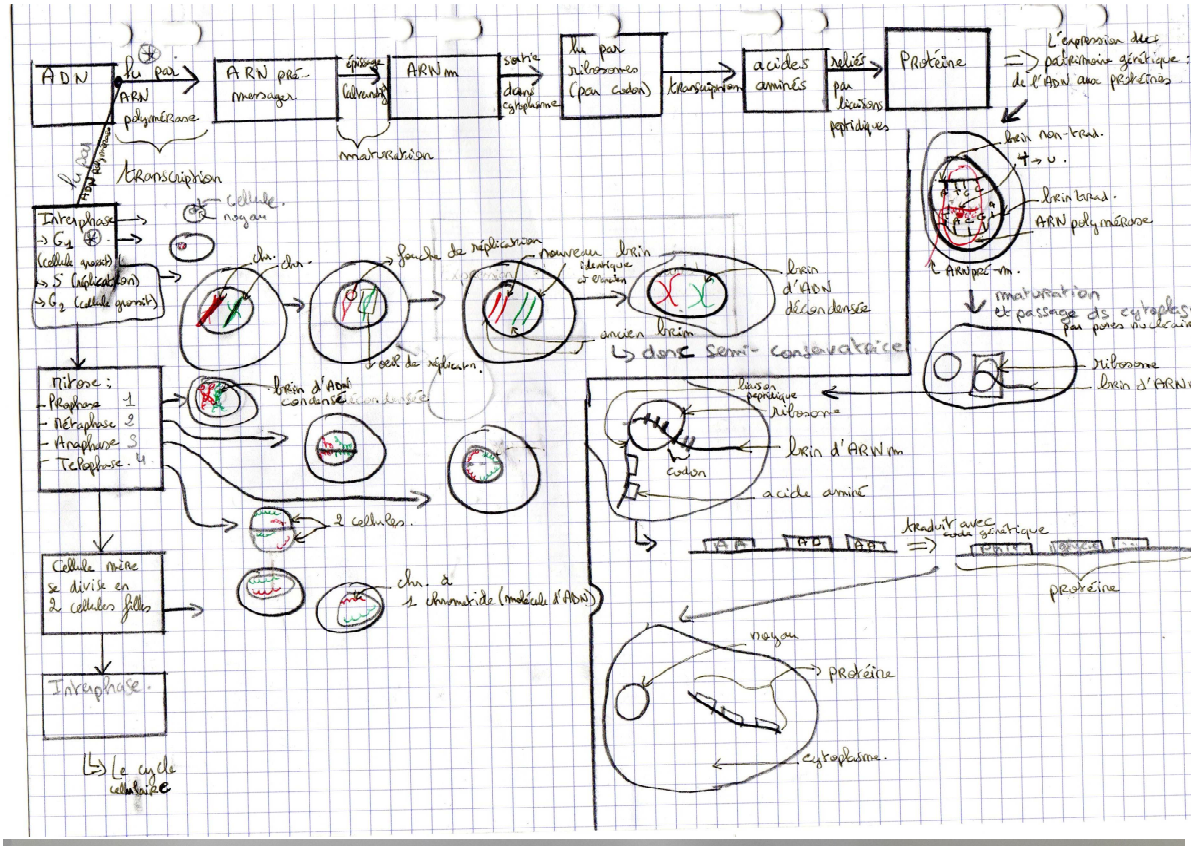

Haussard
Déborah
1S2
GÈNE
liaison peptidique
code génétique
codon
synthèse de protéine
expression d'un gène
acide aminé
groupe sanguin
allèle
chromosome (decondensé / condensé)
ADN
nucléotide
chromatide
gène
protéine
génotype
cycle cellulaire
cellule mère
cellule fille
œil de réplication
fourche de réplication
semi-conservatrice
ARN polymérase
Ribosome
ADN polymérase
phénotype
macroscopique
cellulaire
moléculaire
Maturation
Epissage
transcription
traduction
Mitose
Réplication
cycle cellulaire
maladie génétique
système d'groupe sanguin
pleurésie
inflammation
- groupe sanguin - Maturation
- allèle - ADN polymérase
- chromosome - Epissage
- ADN - code génétique
- nucléotide - codon
- maladie génétique - ribosome
- système d'groupe sanguin - synthèse de protéine
- pleurésie - acide aminé
- inflammation - expression d'un gène
- phénotype : - liaison peptidique
- macroscopique - decondensé
- cellulaire - condensé
- moléculaire
- génotype
- protéine
- réplication
- ADN polymérase
- semi - conservative
- 2 molécule ADN identique
- Transcription
- œil de réplication
- fourche de réplication
- traduction
- chromatide
- cycle cellulaire (interphase)
- mitose (prophase, métaphase, anaphase, télophase)
- Allèle / gène
- cellule mère / cellules filles

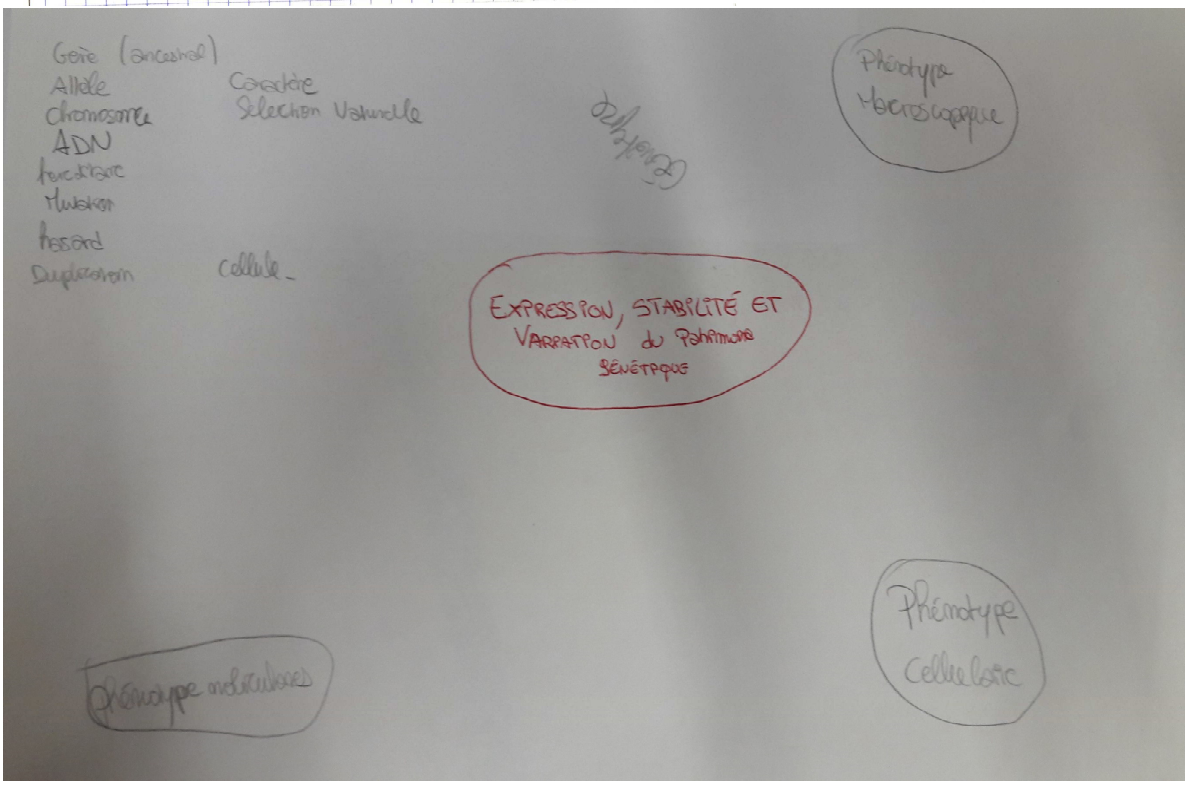

Da eira Léna
Expression stabilité et variations du patrimoine génétique
exons
introns
maturation
épissage
ARN m
traduction
cytoplasme
ribosome
protéine
liaisons peptidiques
acides aminés
code génétique
codons
codons stop
universel
redondant
non-chevauchant
ARN pré-messager
brin transcrit
enzyme → ARN polymérase
transcription
noyau
ADN
chromatide N1
chromatide N2
chromosome
allèle
cycle cellulaire
interphase
noyau
réplication
mitose
chromosome condensé
prophase
métaphase
anaphase
télophase
fourche de réplication
œil de réplication
molécule mère d'ADN
2 cellules filles
Même :
- taille
- forme
- position du centromère
- nombre de chromosomes
autres
structures
phénomènes
caractères

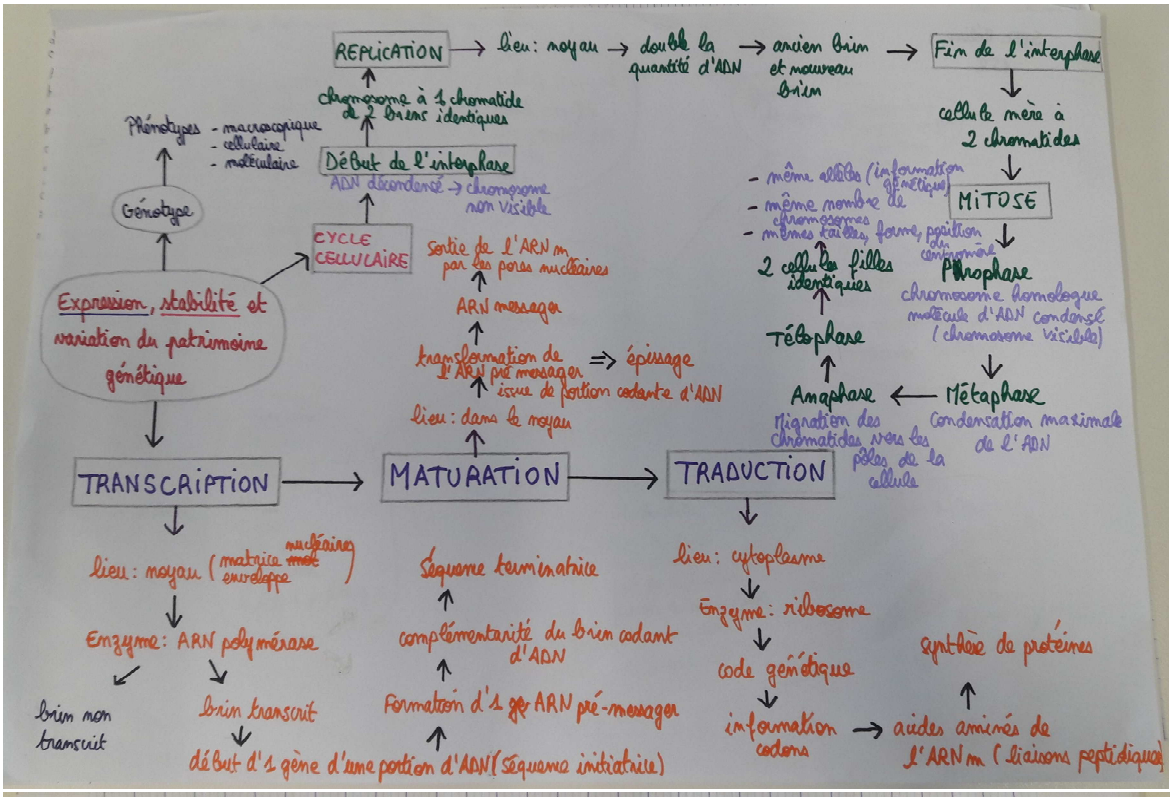


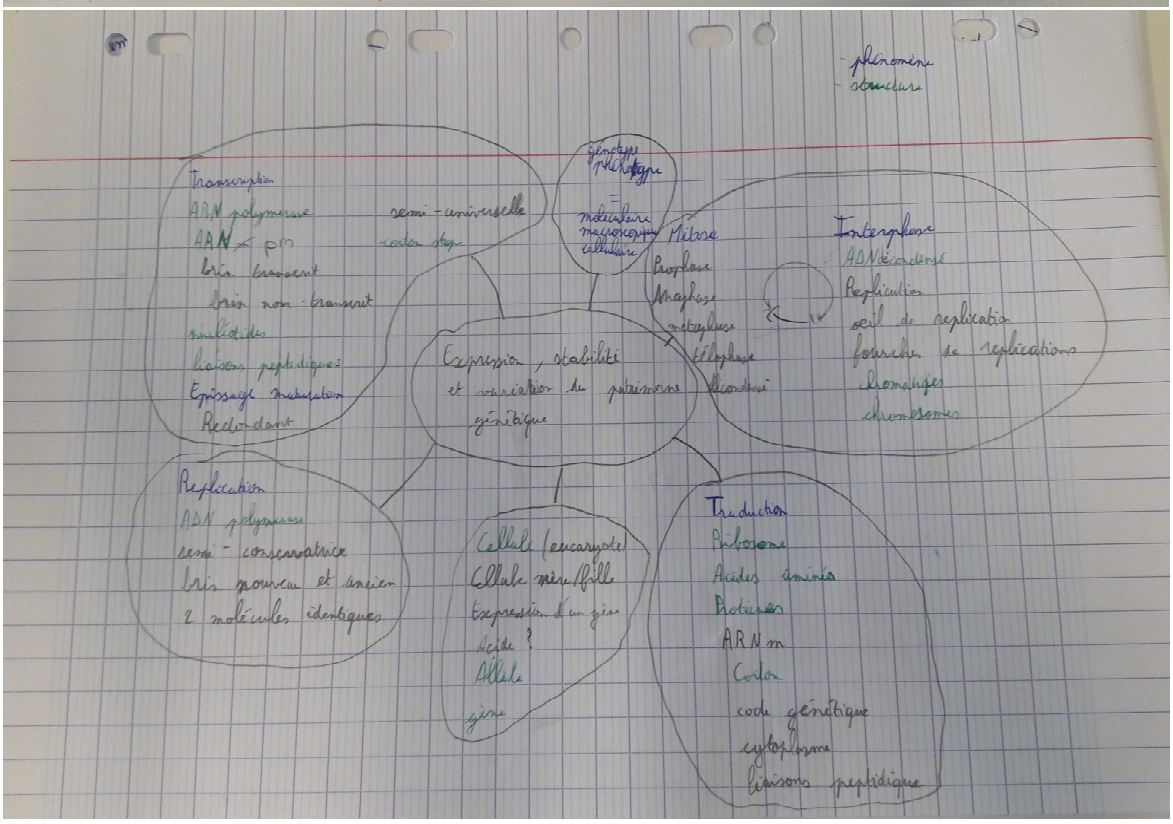


Annexe XI : Exemple de cartes mentales sur la génétique faites par les élèves pour chaque catégorie (groupe In)


ADN
lu par ARN polymérase
ARN pré-messager
épissage
ARNm
sortie dans cytoplasme
lu par ribosomes (par codon)
translation
acides aminés
reliés par liaisons peptidiques
Protéine
L'expression du patrimoine génétique de l'ADN avec protéines
transcription
maturation
brin non-trans.
brin trans.
ARN polymérase
ARNpré-m.
maturation et passage ds cytoplasme par pores nucléaires
ribosome
brin d'ARNm
Interphase
→ G1
→ S (réplication)
→ G2
cellule
noyau
chr.
fourche de réplication
nouveau brin identique à l'ancien
brin d'ADN décondensée
ancien brin
donc semi-conservatrice
Mitose :
- Prophase 1
- Métaphase 2
- Anaphase 3
- Télophase 4
brin d'ADN condensé
2 cellules
Cellule mère se divise en 2 cellules filles
chr. à 1 chromatide (molécule d'ADN)
Interphase
Le cycle cellulaire
liaison peptidique
ribosome
brin d'ARNm
codon
acide aminé
traduit avec code génétique
protéine
noyau
protéine
cytoplasme


Gène (ancestral)
Allèle
Chromosome
ADN
Mutation
Hasard
Duplication
Caractère
Sélection Naturelle
Cellule
Phénotype Macroscopique
EXPRESSION, STABILITÉ ET VARIATION du PATRIMOINE GÉNÉTIQUE
Phénotype cellulaire
Phénotype moléculaires





Annexe XII : Exemple de cartes mentales sur la génétique faites par les élèves pour chaque catégorie (groupe Co)

	En début d'année pour réviser :	1	2	3	4	5
R 1.1	J'utilisais des schémas pour réviser					
R 1.2	Je relisais seulement mes cours					
R 1.3	J'utilisais des cartes mentales					
R 1.4	Je lisais mes cours à haute voix					
R 1.5	J'enregistrais mes cours pour les écouter après					
R 1.6	Je résumais mes cours sous forme de fiches					
R 1.7	Je n'écoutais seulement que pendant les cours					
R 1.8	J'apprennais par cœur					
R 1.9	Autres :					
	Depuis quelques mois pour réviser :	1	2	3	4	5
R 2.1	J'utilise des schémas pour réviser					
R 2.2	Je relis seulement mes cours					
R 2.3	J'utilise des cartes mentales					
R 2.4	Je lis mes cours à haute voix					
R 2.5	J'enregistre mes cours pour les écouter après					
R 2.6	Je résume mes cours sous forme de fiches					
R 2.7	Je n'écoute seulement que pendant les cours					
R 2.8	J'apprends par cœur					
R 2.9	Autres :					
CM 1	Je connaissais les cartes mentales avant cette année	OUI	NON			
CM 2	j'en ai trouvé une utilité	1	2	3	4	5
CM 3	je pense les réutiliser pour apprendre mes cours ultérieurement en SVT	1	2	3	4	5
CM 4	Je pense les réutiliser pour apprendre mes cours ultérieurement dans une autre matière	1	2	3	4	5

Annexe XIII : Q.C.M. sur les méthodes d'apprentissage et l'utilité ressentie des cartes mentales par les élèves.

4ème de couverture

Résumé :

Le sujet d'étude de notre mémoire professionnel s'est intéressé aux apports de la carte mentale dans l'apprentissage des Sciences de la Vie et de la Terre en relation avec l'intelligence visuo-spatiale. Pour expérimenter cela, nous avons soumis un groupe d'élèves à la conception de cartes mentales collectives ou et un autre groupe aux cartes mentales individuelles. Nous avons étudié en parallèle l'évolution de leur intelligence visuo-spatiale défini par H. Gardner et leurs résultats scolaires en S.V.T.

Abstract :

The subject of our professional thesis study is the mindset's contribution to Biology learning in relation with the Spatial-Visual Intelligence. To experiment this, we invited two groups of students to work on mindsets. One group worked with a collective conception of mindsets, the other one worked with an individual conception of mindsets. Then we studied the evolutions of their Spatial-Visual Intelligence defined by H. Gardner combined with the results of their Biology Tests.

La tectoniques des plaques, l'histoire d'un modèle

- Histoire des modèles de la Terre
  - Aristote (4ème S av. J.C.) : Théorie de la restauration
  - Moyen Âge (Vème- XVème S): Dominance religieuse, volanté de dieu
  - Kircher (XVII ème S) : Théorie du feu central
  - Werner (XVIII-XIX ème S) : Neptunisme
  - Hutton (XVII-XIX ème S) : Plutonisme
  - Cuvier (XIXème S) : Catastrophisme
  - Suess (XIX ème S) : Théorie de la contraction thermique ("pomme pourri")
- Naissance d'un modèle
  - Fixiste: Jeffrey (1924)
    - état solide de la Terre
    - pas de force de mouvement pour la théorie de Wegener
  - une idée : la dérive des continents
    - Mobilisme: Wegener (1912)
      - Concordance des côtes
      - Répartition bimodale des altitudes : 2 altitudes
      - traces de glaciations
      - coïncidence des faunes et flores
- Précision du modèle
  - Discontinuité de Mohorovicic (1909)
    - Limite croûte terrestre et manteau supérieur (35km)
  - Holmes (1929) idée de l'expansion océanique
  - Flux thermiques symétriques à l'axe des dorsales et décroissant en température
  - Hess et Dietz (1961) : concept d'expansion océanique (convection mantellique)
  - Brunhes, Vine et matthew (1963):
    Anomalies magnétiques par rapport à l'axe de la dorsale
  - Wilson (1963) : concept de point chaud sous la lithosphère expliquant les alignements volcaniques
- naissance d'un nouveau modèle :
  La tectonique des plaques
  - Wilson (1965) : Failles transformantes
  - Limites de plaques :
    - zone de convergence : subduction
    - zone de divergence : dorsale
    - zone de coulissage : failles transformantes
  - Données GPS (1994)
  - Age des sédiments océaniques par des forages
    (1968) Glomar challenger
    (1972) JOÏDES
    (1988) exploration de la faille Vema
  - Renouvellement de la lithosphère océanique
    - Différentes cristallisations à partir des roches du manteau : péridotite
      - fusion partielle
      - Refroidissement rapide: basalte (microlithique)
      - Refroidissement lent: gabbro (grenue)
  - L.V.Z.
    - Tomographie sismique
    - Dualité lithosphère/asthénosphère:
      plan de wadati-Benioff
  - Morgan (1967) découpage de la lithosphère en plaques animées de mouvements de rotation
  - Morgan et Le Pichon (1968) : 1er modèle global de la tectoniques des plaques

De l'oeil au cerveau

- oeil
  - Structures transparentes
    - Cornée
    - Humeur acqueuse
    - Cristallin
      - Cellules en ruban
        - Anucléées
      - Cristallines
    - Humeur vitrée
  - Structures protectrices
    - Paupières
    - Cornée
    - Iris
    - Pupille
  - Structures d'accommodation
    - Muscles ciliaires
    - fibres du ligament suspenseur du cristallin
  - Structures nerveuses
    - Rétine
      - Photorécepteurs
        - Pigments
          - opsine
            - Rhodopsine
              - Bâtonnets
                - lumière
              - Chromosome 3
            - Photopsine
              - Cônes
                - couleurs
              - M et L
                - Chromosome X
              - S
                - chromosome 7
          - rétinal
        - dépolarisation au repos
        - hyperpolarisation au stimuli
      - Macula
        - fovéa
      - tâche aveugle
    - Neurones
      - Cellules bipolaires
        - potentiel gradué
      - Cellules ganglionnaires
        - potentiel d'action
- Cerveau
  - Nerfs optiques
    - axone des cellules ganglionnaires
  - Chiasma optique
    - décussation
  - Corps géniculé latéral
  - Aires visuelles
    - V1 : Intégration
    - V2 : Intégration
    - V3 : Formes
    - V4 : Couleurs
    - V5 : Mouvements
  - Plasticité
    - Période critique
    - modification du réseaux dendritiques
- Pathologie
  - Mode de vision
    - Trichromatique
    - Dichromatique
    - famille multigénique
      - mutation
      - duplication
  - Couleurs
    - daltonisme
  - Physiologique
    - Accommodation
      - Myopie
      - Hypermétropie
    - Cristallin
      - Astigmatisme
      - Presbytie
    - Musculaire
      - Strabisme
    - Rétine
      - D.M.L.A.
  - Drogues
    - LSD
      - Hallucinogène
      - structure similaire à la sérotonine
    - alcool
      - trouble des distances et champs visuels

Expression, Stabilité et variations du patrimoine génétique

- Variations
  - Erreur de réplication
    - Temporaire
      - Accident
    - Définitif
      - Mutation
        - Délétion
        - Addition
        - Substitution
        - Mésappariement
        - Transmissible
          - Cellule germinale
          - Mutant
          - Héréditaire
        - Allèles
          - Versions d'un même gène
        - Biodiversité
    - Spontanée
  - Mutagène
    - U.V.
    - rayon X
  - Cancer
  - Maladie génétique
    - Mucoviscidose
      - Thérapie génique
- Stabilité
  - Cycle cellulaire
    - Interphase
      - ADN décondensé
        - Euchromatine
      - Phase G1
        - synthèse protéique
      - Phase S
        - Réplication
          - Fourche de réplication
          - Oeil de réplication
          - Semi conservatrice
          - Bi-directionnelle
            - Fragment d'okazaki
          - Brin parental
          - Brin néoformé
          - 5'->3'
      - Phase G2
        - Vérification
        - Cycline et CdK : MPF
    - Mitose
      - Prophase
        - Condensation des chromosomes
        - Individualisation des chromosomes
        - Fuseau mitotique
        - Chromosome à 2 chromatides
        - Disparition de l'enveloppe nucléaire
      - Prométaphase
        - Fixation des microtubules sur le kinétochore
      - Métaphase
        - Alignement
        - Plan équatoriale
      - Anaphase
        - Séparation des chromatides
        - migration des chromatide homologue
      - Télophase
        - Désassemblage du fuseau mitotique
        - Formation de l'enveloppe nucléaire
        - Décondensation des chromosomes
      - Cytocinèse
        - Cellule mère
        - 2 cellules filles identiques
      - Hétérochromatine
    - Chromosome
      - Chromatide
        - chromatine
          - solénoïde
            - nucléosome
              - ADN
              - Histone
- Expression
  - Transcription
    - Noyau
    - A.D.N.
      - Information génétique
        - Gène
          - Séquences régulatrices
          - promoteur
          - Unité de transcription
      - Séquence de nucléotides
        - Groupement phosphate
        - Nucléoside
          - Base azotée
          - Désoxyribose
      - Double brin
        - Brin transcrit
        - Brin non transcrit
        - Complémentarité
    - Initiation
      - Enzyme
        - ARN polymérase
        - Topoisomérase
        - Hélicase
      - Facteurs de transcription
    - Elongation
      - polymérisation
        - 5'->3'
    - Terminaison
      - ARNpm
  - Maturation
    - Coiffe 5'
      - Protection
      - Résidu guanine
    - Queue poly-A 3'
      - Stabilisation
  - Epissage
    - Spliceosome
    - excision
    - Epissage alternatif
    - ARNm
  - Traduction
    - Cytoplasme
    - Séquences d'acides aminés
      - Code génétique universel
      - 22
      - codon
        - triplet de nucléotides
    - Initiation
      - Shine Dalgarno
      - Ribosome
        - Petite sous unité
          - 40S
        - Grande sous unité
          - 60S
        - Site A
        - Site P
      - ARNt
      - Facteurs d'initiation
    - Elongation
      - Translocation
      - Facteurs d'élongation
    - Terminaison
      - Facteur de terminaison
    - Protéine
      - Structure primaire
        - Chaine polypeptidique linéaire
      - Structure secondaire
        - Repliement local
          - Hélice
          - Feuillet
      - structure tertiaire
        - Agencement stable tridimensionnel
      - Structure quaternaire
        - Agencement de sous-unité