

Différents types de supports de vulgarisation : facilitateurs ou obstacles à l'apprentissage des élèves en sciences ?

Marie-Noëlle HINDRYCKX & Corentin POFFÉ
Université de Liège (DIDACTIfen)

1. CONTEXTE

1.1. *Projet de sensibilisation aux sciences*

Un peu partout dans le monde, on constate que de moins en moins de jeunes se dirigent vers des études et donc des métiers scientifiques (Legendre, 2012 ; Pronovost *et al.*, 2017). Cette désaffection des élèves pour les filières scientifiques est un sujet de préoccupation, notamment pour l'administration de l'université de Liège qui cherche des solutions pour pallier ce problème.

À cette fin, un projet de sensibilisation des élèves du secondaire (de 15 à 18 ans) à la recherche en sciences et aux études scientifiques, a été mené par C. Vancsok¹. Il s'agissait de sélectionner et vulgariser, sous différentes formes, certaines recherches en cours à l'Université, pour sensibiliser les jeunes et le grand public à cette mission de recherche scientifique de notre institution.

1.2. *Travail de recherche*

En lien avec ce projet de sensibilisation, un mémoire en Sciences de l'éducation à l'université de Liège a été réalisé (Slomian, 2019). Les visées de ce travail étaient de mesurer la compréhension d'une problématique de recherche scientifique, par l'exploitation de différents supports de vulgarisation, auprès d'élèves du secondaire supérieur de l'enseignement général et de transition, la forme du support de vulgarisation pouvant se révéler être un obstacle à l'apprentissage des notions scientifiques visées.

1. Mme C. Vancsok, cheffe de projet 2017/2019, Administration des affaires étudiantes, université de Liège.

L'objet de cette recherche est donc de vérifier si le type de support de vulgarisation influence l'apprentissage des élèves en sciences.

1.2.1. Choix de la recherche scientifique à vulgariser

Afin d'assurer une certaine adéquation avec le monde de l'enseignement, le thème de la recherche scientifique à vulgariser devait faire partie des apprentissages à mettre en œuvre au cycle supérieur de l'enseignement secondaire (15 à 18 ans) en Fédération Wallonie-Bruxelles. C'est le domaine de l'environnement : l'impact de l'homme sur les écosystèmes (ministère de la Fédération Wallonie-Bruxelles, 2014c, p. 34) qui a été sélectionné; il est abordé, en général, en fin de scolarité (à la fin de la 6^e année).

Les chercheurs ont donc choisi de travailler des concepts relevant de l'impact de l'homme sur les écosystèmes et de sensibiliser les élèves au métier de chercheur, en partant d'un véritable article de recherche récent (Collard *et al.*, 2017) à adapter sous différentes formes d'écrits et présenté aux élèves pour apprendre les notions abordées.

1.2.2. Choix des supports de vulgarisation

C'est une spécialiste² de la vulgarisation d'articles de recherches réalisées à l'université de Liège dans le domaine des sciences qui a veillé à la transposition de l'article rédigé en anglais, en trois formes accessibles à des élèves de cet âge (Britton *et al.*, 1982; Davis & Russ, 2015; Verhaegen, 1990). Ainsi, ces derniers avaient le choix entre une présentation sous une forme évoquant une bande dessinée, une carte conceptuelle (ou carte heuristique; Régnard, 2010) ou un texte continu, illustré par des images représentatives des notions décrites.

2. CADRE THÉORIQUE

Après avoir évoqué certains résultats issus de l'enquête PISA 2015, notamment en ce qui concerne la motivation des jeunes à l'égard des sciences, nous présenterons la vulgarisation comme une piste pouvant favoriser cette motivation. Enfin, après avoir listé quelques difficultés potentielles liées à la vulgarisation, nous présenterons les trois supports sélectionnés dans le cadre de ce travail (la bande dessinée, la carte conceptuelle et le texte continu) ainsi que quelques-uns de leurs avantages et inconvénients.

2. Mme C. Vancsok.

2.1. Motivation

Comme l'enquête PISA de 2015 l'a montré (Lafontaine *et al.*, 2017), les jeunes de la Fédération Wallonie-Bruxelles (FWB) ont des connaissances scientifiques relativement faibles par rapport à la moyenne de l'OCDE. C'est dans les connaissances scientifiques sur les systèmes vivants qu'ils obtiennent les meilleurs résultats, contrairement aux systèmes physiques de la Terre et de l'Univers. La motivation des jeunes par rapport aux sciences constitue un levier essentiel pour l'acquisition d'une attitude citoyenne, indispensable au développement de la société technologique et scientifique actuelle (Quittre *et al.*, 2018). Souvent, les sciences sont perçues comme réservées aux seuls érudits, et les sciences et technologies comme la cause des problèmes environnementaux et sociétaux que nous vivons. Or, l'attitude envers les sciences est corrélée aux performances en sciences chez les élèves (OCDE, 2016) et la société a besoin de scientifiques de haut niveau.

Concernant le plaisir à l'égard des sciences, les jeunes de la FWB sont plus nombreux à déclarer qu'ils rencontrent du plaisir ou de l'intérêt pour les sciences que la moyenne de l'OCDE (Lafontaine *et al.*, 2017). Ils sont plus nombreux que la moyenne à déclarer qu'ils aiment apprendre des choses sur les sciences et que c'est agréable, qu'ils prennent plaisir à acquérir de nouvelles connaissances en sciences et à travailler sur des sujets scientifiques. Par contre, peu de jeunes de la FWB reconnaissent l'intérêt de faire des sciences, soit pour se diriger vers des études scientifiques, soit vers un métier scientifique, par rapport à la moyenne de l'OCDE.

Les jeunes de 15 ans en FWB ont un intérêt important pour les activités scientifiques qu'on peut qualifier d'extrascolaires, comme regarder des émissions scientifiques, visiter des sites web ou encore consulter des revues de vulgarisation scientifique (Quittre *et al.*, 2018). Cependant, ils se disent moins bien informés sur les thématiques environnementales que la moyenne de l'OCDE. Ils déclarent également plus souvent ne pas pouvoir expliquer clairement certaines problématiques, dont celles de la pénurie d'eau, des OGM, des déchets nucléaires... (Lafontaine *et al.*, 2017).

Dans un contexte scolaire, la motivation est souvent considérée comme un des facteurs principaux d'un épanouissement personnel et professionnel de l'élève, déterminant son engagement et sa réussite scolaire (Blervaque, 2013). Un élève peut être motivé à de nombreux points de vue : l'effort investi, l'engagement cognitif, l'intérêt manifesté ou encore la persévérance (Viau, 1994). Le manque de motivation à l'égard des sciences serait le résultat de modèles d'enseignement et d'apprentissage trop traditionnels, basés sur une transmission des connaissances souvent dépourvues de sens (Charland *et al.*, 2009). L'OCDE stipule que « les attitudes que les élèves adoptent à l'égard des sciences interviennent dans une grande mesure dans

leur décision d'enrichir leurs connaissances scientifiques, d'embrasser une profession à caractère scientifique et d'appliquer des concepts et des méthodes scientifiques de manière productive dans leur vie [...] » (OCDE, 2006a, p. 44). Il semble donc important que les enseignants puissent, par leurs pratiques pédagogiques, susciter l'intérêt des élèves et développer des attitudes positives à l'égard des sciences (Pronovost *et al.*, 2017). Les tâches proposées doivent représenter un véritable défi pour susciter l'intérêt des élèves (Quittre *et al.*, 2018), mais ces tâches doivent néanmoins être adaptées à leurs compétences pour qu'ils deviennent acteurs de leur apprentissage (Ouellet, 1997).

2.2. Vulgarisation

L'idée de partir d'une véritable recherche en sciences pour motiver les élèves à l'apprentissage est née de cette distance qui existe entre le monde des scientifiques et le contexte scolaire. Personnifier la recherche et ses résultats devrait permettre aux élèves de rapprocher ces recherches de leur vie. Néanmoins, les textes produits par les scientifiques pour publication nécessitent une mise à niveau pour être accessibles aux non scientifiques : c'est la vulgarisation (Verhaegen, 1990). Cette vulgarisation doit assurer une mission médiatrice, intermédiaire entre deux discours, celui des scientifiques et celui de l'école ou de la rue (Jacobi & Schiele, 1988). Le vulgarisateur doit utiliser le langage spécifique des scientifiques tout en introduisant des images, des analogies pour expliciter la recherche (Jurdant, 1969). Ce travail de vulgarisation n'est pas simple et peut recouvrir différentes formes. Cependant, l'enseignant doit éviter, par une éventuelle simplification du discours, d'introduire des difficultés d'apprentissage supplémentaires dues au mode de présentation de ces informations. Bautier et Rayou (2009) signalent que les causes des difficultés rencontrées par les élèves les plus faibles sont souvent à chercher parmi les situations d'apprentissage elles-mêmes et pas seulement à imputer à leur milieu ou à des perturbations socioaffectives ou encore motivationnelles (voir aussi Bautier & Margolinas, 2008). Pour les cours de sciences, les documents à usage des élèves sont souvent pluricodés, fragmentés et non linéaires (Bautier, 2011). Ils font donc appel, lors de l'étude, à une activité mentale de construction d'un « texte » qui n'est pas donné initialement par l'enseignant et qui peut donc poser problème à certains élèves. Cependant, la mise en page des documents et l'agencement des textes et paratextes les uns par rapport aux autres (Peraia & Nyssen, 1995) peuvent aussi faciliter un décodage efficace de la part des élèves.

Pour arriver à comprendre un texte scientifique pluricodé, les élèves doivent mettre en jeu leur connaissance des règles propres aux systèmes considérés, leurs connaissances préalables sur le domaine dans lequel s'inscrit

l'activité de lecture, ainsi que leur compréhension de l'objectif poursuivi par l'auteur (Giot & Quittre, 2006). Or, ces règles de décodage, spécifiques à ces représentations, restent souvent implicites dans l'enseignement.

2.3. Supports de vulgarisation

Considérée comme un médium multimodal (textuel, visuel, gestuel et sonore) qui fonctionne en séquences (Boutin, dans Lebrun *et al.*, 2012), la bande dessinée se présente comme un document d'accès facile. Ses caractères simplistes et ludiques peuvent attirer le lecteur vers des sujets qu'il jugerait inintéressants ou complexes dans d'autres circonstances (Bourdieu, 2012). D'après Keogh & Stuart (1999), l'utilisation de bandes dessinées lors d'un apprentissage scientifique, tout en minimisant l'usage de l'écrit, permettrait de situer les apprentissages scientifiques dans un contexte familier pour l'élève. Ils remarquent que la motivation et l'engagement dans la tâche des élèves sont plus forts, les discussions et les échanges plus nombreux et les travaux de groupe plus efficaces. Cependant, ce type d'illustrations peut aussi avoir l'effet pervers de distraire l'élève de l'objectif principal d'apprentissage. Cela peut donner aussi une fausse impression de familiarité et de simplicité au contenu, « qui fait perdre de vue la spécificité des traitements scolaires et la visée de généralisation des acquis » (Bautier & Rayoux, 2009; Beckers *et al.*, 2012, p. 12).

Imitant les liens que le cerveau peut établir entre toutes les informations qu'il reçoit, la carte conceptuelle ou carte heuristique est un outil qui permet de réguler les processus cognitifs en mobilisant les informations nouvelles et les connaissances antérieures de l'individu (Dancette & Halimi, 2005). Cette représentation des savoirs s'organise autour d'un nœud central, considéré comme le point de départ du concept étudié, pour s'élargir en une succession d'autres nœuds, faisant allusion à des branches (Régnerd, 2010). Selon Buzan & Buzan (2003), l'utilisation d'une carte conceptuelle favoriserait l'enregistrement d'informations par ses caractéristiques visuellement stimulantes, multicolores et multidimensionnelles. Contrairement au texte continu, la carte conceptuelle donne un accès direct aux mots importants, ce qui permettrait de cibler sa concentration sur des éléments pertinents (Buzan & Buzan, 2003).

Le texte scientifique continu, sous la forme d'un discours explicatif, a pour but de faire comprendre quelque chose à un individu (Garcia-Debanc, 2010). Toutefois, la compréhension des textes scientifiques explicatifs n'est pas toujours aisée, car elle repose sur les connaissances antérieures de l'individu (Marin *et al.*, 2007). Si la production écrite sous la forme d'un texte continu de savoir est accompagnée d'images, le document vulgarisé favoriserait l'attrait de l'individu pour celui-ci. Cependant, le rôle principal de

l'image qui accompagne un texte est avant tout de favoriser la compréhension de ce texte en suggérant les mêmes significations que celles du texte qu'elle accompagne (Giguère, 1991).

3. DESCRIPTION DU DISPOSITIF DE RECHERCHE

Pour rappel, l'objet de cette recherche est de vérifier si le type de support de vulgarisation influence l'apprentissage des élèves en sciences. Afin d'apporter des éléments de réponse, le travail de recherche a consisté en un dispositif décliné en plusieurs parties.

Tout d'abord, un questionnaire a été soumis aux élèves faisant partie de l'échantillon. Celui-ci était destiné à sonder leurs connaissances sur le sujet traité par l'article vulgarisé (prétest de connaissance — annexe 1, à la fin de cette contribution) et leur niveau de motivation en lien avec les sciences (questionnaire de motivation — annexe 2). Après avoir répondu à ces questionnaires, les élèves de l'échantillon ont pu visionner une vidéo de présentation de la chercheuse à la base de l'article scientifique sélectionné pour être vulgarisé dans le cadre de cette recherche. Enfin, après avoir pu prendre connaissance du contenu de l'article sous une de ses trois formes vulgarisées, un dernier questionnaire a été administré aux élèves de l'échantillon (post-test). Ci-dessous, nous détaillons les différentes parties de ce dispositif.

3.1. Échantillon

En région liégeoise, 116 élèves de cinq classes de 5^e et de 6^e secondaire (16–17 et 17–18 ans), avec trois (66 %) ou six heures de sciences (34 %) par semaine, de l'enseignement général (84 %) ou technique de transition (34 %), ont été soumis à une séquence didactique particulière décrite ci-dessous (Slomian, 2019).

3.2. Outils utilisés

3.2.1. Prétest de connaissances

Le prétest de connaissance se décline en trois parties. Afin de mesurer les connaissances générales des élèves sur les problèmes environnementaux (pollution des mers, pénuries d'eau, utilisation d'OGM...), le prétest reprenait certains items traitant de cette thématique et issus de l'enquête PISA (OCDE, 2016; Lafontaine *et al.*, 2017). Le rôle du foie a aussi été questionné afin de rappeler aux élèves le contexte de la digestion pour leur permettre d'envisager la raison pour laquelle l'étude scientifique porte sur le foie des anchois. Enfin, les connaissances des élèves sur les tâches d'un chercheur ont également été interrogées à cette occasion.

3.2.2. Questionnaire de motivation

Le questionnaire de motivation avait pour ambition de mesurer les habitudes de lecture des élèves de l'échantillon. Ce questionnaire est inspiré de ceux repris dans l'enquête PISA de 2009 (OCDE, 2011). Il portait également sur leurs habitudes au cours de sciences.

3.2.3. Vidéo de présentation de la chercheuse

La chercheuse en environnement a été présentée aux élèves grâce à une capsule vidéo de courte durée qui campait le personnage ainsi que le thème de la recherche en cours : les microplastiques dans les océans (Collard *et al.*, 2017).

3.2.4. Les supports de vulgarisation

À l'issue de la capsule vidéo, la tâche de compréhension d'un article de recherche sur le sujet par l'intermédiaire de trois supports vulgarisés (BD, carte conceptuelle, texte illustré ; voir annexes 3, 4, 5) est proposée aux élèves. Les trois supports sont affichés à l'écran afin de permettre aux élèves de poser leur choix sur un seul de ces supports. Ils emportent chacun une copie du support choisi et commencent individuellement la tâche de traitement de l'information.

3.2.5. Post-test de connaissances acquises sur le sujet traité

Le post-test devait vérifier l'acquisition de connaissances après la lecture du support choisi, à propos de la recherche présentée et vulgarisée à leur intention (voir annexe 6). Le post-test comporte six questions et les élèves obtiennent 1 point par question à laquelle ils ont apporté une réponse correcte (max. 6 points).

3.2.6. Déroulement de la séquence

La séquence prévue durait deux séances de 50 minutes. L'enseignant titulaire pouvait mener l'expérimentation seul ou avec l'aide de la chercheuse ; en une fois ou en deux séances disjointes.

La première séance consistait, après une brève introduction au projet, à faire compléter le questionnaire de motivation et le prétest par les élèves. Ensuite, la courte vidéo montrant la chercheuse, responsable de la recherche, était visionnée pour camper le thème général du travail : la pollution des mers par les microplastiques et une recherche scientifique menée en mer. Pour terminer, on donnait aux élèves un aperçu du déroulement de la période suivante.

La deuxième séance consistait, après un rappel du but de l'activité, à présenter brièvement aux élèves les trois types de supports mis à leur disposition (BD, carte conceptuelle, texte illustré) et à leur proposer d'en choisir un. Les élèves devaient ensuite procéder à la lecture du document avec pour objectif de comprendre et mémoriser le contenu scientifique pertinent, en vue d'un post-test de connaissances. Ce dernier clôturait cette seconde partie de la séquence.

3.3. *Analyse des données*

Le logiciel Statistica 13.3. a été utilisé pour mener à bien les analyses statistiques. Pour ces dernières, nous avons opté pour un niveau d'incertitude de 5 % ($\alpha=0,05$); les résultats ont été considérés comme étant significatifs lorsque la p-valeur était inférieure à 0,05. Pour tester la normalité des variables, nous avons utilisé le test W de Shapiro-Wilk. En ce qui concerne les tests de relation entre une variable binaire et une variable quantitative, nous avons mobilisé le U de Mann-Whitney.

Dans les cas d'une relation entre une variable catégorielle ($k > 2$ catégories) et une variable quantitative, celle-ci a été évaluée par un test ANOVA de Kruskal-Wallis. Pour approfondir les résultats de cette ANOVA et pour savoir quels groupes différaient réellement entre eux, d'autres tests de Kruskal-Wallis ont été menés pour comparer les sous-groupes des variables qui présentaient une p-valeur significative deux par deux.

Le test d'indépendance du χ^2 (χ^2) a été mobilisé pour tester l'association entre les variables catégorielles ou binaires entre elles et l'association entre deux variables quantitatives a été mesurée à l'aide d'un test de corrélation (coefficient de corrélation de Spearman).

Enfin, certaines variables ont été explorées par le biais des statistiques multivariées : une régression multiple a été réalisée sur la note globale obtenue lors du post-test en incluant seulement dans le modèle les variables présentant des p-valeurs inférieures à 0,05 lors des analyses univariées (l'année scolaire, le nombre d'heures de sciences suivies par les étudiants, leur intérêt initial en sciences, ou encore en biologie).

4. **RÉSULTATS**

Après analyse des résultats obtenus aux post-tests, les chercheurs ont pu mesurer quel mode de présentation des notions était le plus choisi et par quel type d'élèves, en fonction de leur profil. Ils ont pu montrer également l'influence de ce choix du support au niveau de l'apprentissage.

Par l'analyse du questionnaire de motivation, complété par les élèves au début de la séquence, les chercheurs ont pu montrer que 35 % des élèves

disent lire souvent ou très souvent pour trouver des informations dont ils ont besoin ; 30 % annoncent lire souvent et très souvent pour leurs loisirs. Les types de lectures les plus fréquentes sont des textes avec des illustrations pour 29 % des élèves ; des revues, des magazines et des journaux pour 23 % et des bandes dessinées pour 18 %.

En ce qui concerne leur attitude par rapport aux sciences, les chiffres sont comparables à ceux de PISA 2015 : 56 % des élèves interrogés disent éprouver du plaisir à acquérir de nouvelles connaissances en sciences ; 50 % se disent intéressés par la biologie ; 42 % aiment se questionner sur des thématiques scientifiques ; 40 % disent être intéressés par la manière dont les scientifiques conçoivent leurs expérimentations ; 23 % disent aimer résoudre des problèmes en sciences et 21 % disent aimer lire des textes qui parlent de sciences.

Les chercheurs ont également montré que les élèves de 6^e année en sciences générales (17–18 ans, 6h sciences/semaine) se disent significativement plus intéressés par les sciences que leurs pairs de 5^e année en sciences générales (16–17 ans, 6 heures de sciences/semaine) et même que les autres élèves de 6^e année en sciences de base (17–18 ans, 3 heures de sciences/semaine). Les élèves en enseignement général de transition vers le supérieur se disent aussi plus intéressés que les élèves en enseignement technique de transition (en vert, dans la figure 1.). Ils ont montré également que le profil de lecteur des élèves n'influait pas significativement l'intérêt pour les sciences.

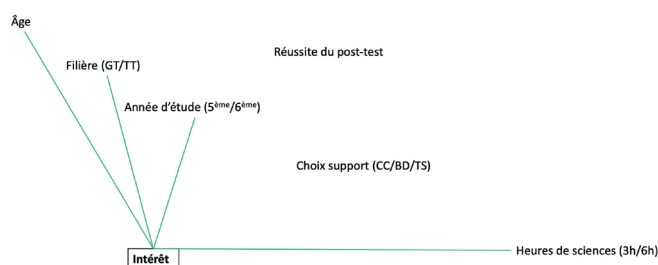


Figure 1 : L'intérêt des élèves pour les sciences est significativement corrélé à certaines variables : l'âge, la filière et l'année d'étude ainsi que le nombre d'heures de sciences par semaine.

Le choix du support par les élèves s'est réparti comme suit : 49 % des élèves choisissent la bande dessinée ; 39 % la carte conceptuelle et 12 % seulement, le texte illustré. Rappelons que les préférences en lecture des élèves montraient une tendance de choix inverse à celle-ci. Ce sont les élèves les plus jeunes qui choisissent le plus la bande dessinée. Les élèves qui ont six heures de sciences par semaine (34 % de l'échantillon) choisissent principalement le

texte illustré, puis la carte conceptuelle, enfin la bande dessinée. Les élèves qui ont trois heures de sciences par semaine (66 % de l'échantillon) choisissent davantage la bande dessinée, puis la carte conceptuelle, enfin le texte illustré. Les étudiants qui se disent intéressés par les sciences choisissent d'abord le texte illustré, puis la carte conceptuelle, enfin la bande dessinée; ceux qui disent qu'ils ne sont pas intéressés par les sciences choisissent en premier la bande dessinée, puis la carte conceptuelle, enfin le texte illustré. La figure 2 montre les liens significatifs (en vert) entre le choix d'un support et les variables testées.

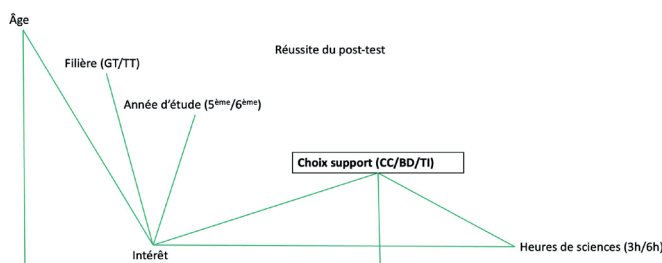


Figure 2 : Le choix du support par les élèves est significativement corrélé à certaines variables : l'âge, l'intérêt pour les sciences, ainsi que le nombre d'heures de sciences par semaine.

L'analyse des résultats au post-test montre que la moyenne des notes pour tous les élèves est de 3/6 et que 59 % des élèves ont reçu une note supérieure à 3/6. Cette note est indépendante (voir figure 3, en rouge) du choix du support, de l'âge des élèves et du nombre d'heures de sciences par semaine. Les tests sont non significatifs à ces niveaux.

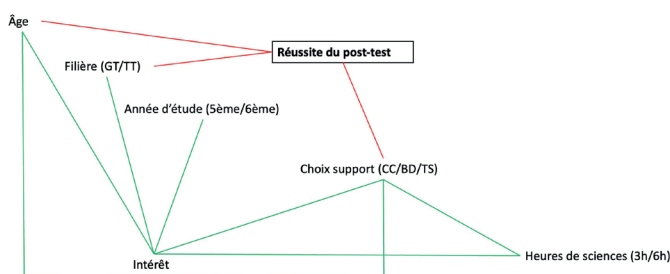


Figure 3 : La réussite au post-test par les élèves n'est pas corrélée de manière significative à certaines variables : l'âge, la filière ainsi que le choix du type de support.

Par contre, les chercheurs ont pu montrer que le taux de réussite est significativement corrélé à l'intérêt pour les sciences ou pour la biologie, au nombre d'heures de sciences par semaine et à l'année d'étude concernée (figure 4,

en vert). L'intérêt pour les sciences est un facteur de réussite très significatif. Les étudiants qui ont un programme de 6 heures de sciences par semaine réussissent mieux que les autres et les étudiants en 6^e année également, par rapport aux étudiants de 5^e.

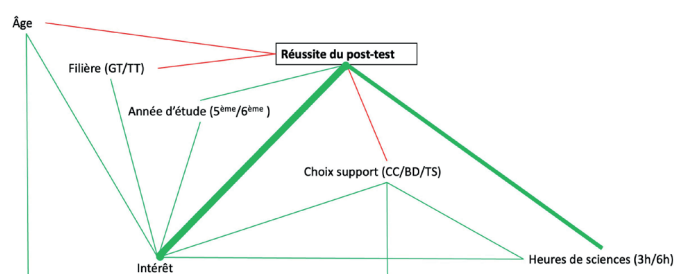


Figure 4 : La réussite au post-test par les élèves est très significativement corrélée (trait vert très épais) à l'intérêt pour les sciences et significativement corrélée (trait vert épaissi) au nombre d'heures de sciences par semaine.

Même si l'analyse des résultats montre que le choix du support n'influence pas de manière significative la réussite au post-test dans sa globalité (ligne rouge dans les figures 3 et 4), nous avons décidé de nous pencher sur les taux de réussite aux différentes questions, en fonction du type de support choisi (tableau 1).

Question concernée	Support choisi corrélé significativement au taux de réussite à la question	Taux global de réussite à la question
Raison du choix de l'anchois	Carte > texte > BD	92 %
Étapes de récupération des échantillons	indépendant du support	65 %
Compréhension de la digestion chimique	Texte > BD (> carte) ³	58 %
Risques supplémentaires pour le foie	indépendant du support	55 %
Méthode utilisée pour le trajet des microplastiques vers le foie	indépendant du support	44 %
Intérêt de l'étude des foies des anchois	indépendant du support	37 %

Tableau 1 : Taux de réussite en fonction du support choisi par question du post-test.

3. Majorité de mauvaises réponses.

La réussite à deux des questions est dépendante du support choisi. Examinons la première : *Pourquoi la chercheuse a-t-elle choisi de travailler sur l'anchois en particulier ?* Cette question demandait de pouvoir indiquer qu'il s'agissait de poissons filtreurs et qu'ils étaient présents en grande quantité dans l'océan.

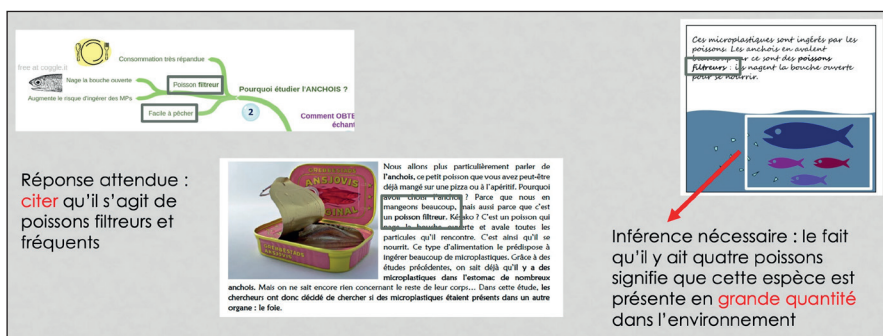


Figure 5 : Extraits des trois supports permettant de répondre à la question. En haut à gauche, la carte conceptuelle; en haut à droite, la BD et, en bas, le texte illustré.

Dans ce cas, il s'agissait de citer les éléments attendus. On peut remarquer que c'est effectivement la carte conceptuelle qui mettait ces éléments le plus rapidement à disposition des élèves (nous les avons encadrés de gris sur la figure 5). On peut remarquer que, si les éléments sont explicitement indiqués dans les deux premiers types de support, en ce qui concerne la bande dessinée, l'élément « filtreurs » est donné, mais il fallait inférer la fréquence de ces poissons grâce au dessin représentant des poissons...

En ce qui concerne la troisième question, qui est moins bien réussie par les élèves : *Les foies sont traités en laboratoire. Pourquoi l'expression « digestion chimique » est-elle utilisée pour parler de ces traitements ?*, on remarque que c'est d'abord le texte illustré, puis la bande dessinée qui sont significativement corrélés à la réussite de la question. La réponse attendue dans ce cas était d'expliquer que la méthode utilisée parvenait, par utilisation de produits chimiques, à éliminer les constituants du foie à la manière d'une digestion chimique.

Comme on le voit dans la figure 6 (ci-après), le texte illustré et la bande dessinée fournissent directement à l'élève des éléments explicatifs sous forme de phrases, alors que la carte conceptuelle demande aux élèves de reconstituer un texte explicatif à partir d'éléments distincts.



Figure 6 : Extraits des trois supports permettant de répondre à la question.
À gauche, le texte illustré ; au milieu la BD et à droite, la carte conceptuelle.
Entourés de gris, les éléments permettant de répondre à la question.

5. DISCUSSION ET CONCLUSION

Cette recherche a pu montrer que le choix par les élèves d'un type de support pour l'étude, parmi trois proposés (carte conceptuelle, bande dessinée, texte illustré) est influencé significativement par leur intérêt pour les sciences, le nombre d'heures de sciences par semaine et leur âge. On a vu aussi que la réussite au post-test est également corrélée significativement et fortement à l'intérêt des élèves pour les sciences (cf. OCDE, 2006b), puis au nombre d'heures de sciences par semaine.

Nous pouvons déduire des résultats que les élèves les moins motivés pour les sciences et ayant moins d'heures de sciences, choisiraient préférentiellement un support éloigné des supports d'allure scientifique comme le texte illustré. Cela peut sans doute leur poser des difficultés lors de l'apprentissage à cause du caractère implicite des informations véhiculées, par exemple dans une carte conceptuelle ou une BD (Bautier & Rayou, 2009 ; Beckers *et al.*, 2012).

Par ailleurs, les élèves les plus motivés, engagés dans des filières scientifiques, choisissent volontiers les supports d'apparence plus scientifique (texte illustré), qui semblent être plus explicites et susceptibles de les aider lors de la restitution (surtout pour construire une explication). On peut dès lors se demander pourquoi les élèves les plus acculturés à l'apprentissage des sciences s'orientent plus vite vers un support du type d'un texte illustré. Est-ce parce qu'ils ne perdent pas de vue le fait que cette séquence d'apprentissage prend place dans un cours de sciences pour lequel ils identifient bien les enjeux d'apprentissage ? Est-ce parce que, pour eux, c'est un genre textuel habituellement présent au cours de sciences ?

Ajoutons que l'apparence plus simple, plus ludique ou plus esthétique d'un support, si elle peut motiver les élèves moins acculturés aux sciences,

pourrait aussi leur poser plus de difficultés liées au caractère implicite des informations dont ils ne sont pas conscients (Bautier, 2011 ; Peraya & Nyssen, 1995). Le (futur) enseignant, en choisissant ce type de support pour « bien faire », défavoriserait donc encore plus ce type de public. De plus, la lecture d'un support de cours nécessite un apprentissage et un accompagnement des élèves au travail de décodage, souvent minimisé par le (futur) enseignant (Poffé *et al.*, 2015).

On a pu aussi remarquer, lors de cette recherche, que l'enseignant doit mener une analyse méticuleuse de l'adéquation (fond et forme) entre les questions à poser et le support proposé. Pour cette recherche, les supports, composés à partir de la même publication scientifique, ne fournissaient pourtant pas exactement les mêmes informations aux élèves ou pas avec la même accessibilité. La vulgarisation scientifique n'est pas simple à réaliser (Jurdant, 1969 ; Verhaegen, 1990) pour assurer une mission d'intermédiaire entre deux discours, celui des scientifiques et celui de l'école ou de la rue (Jacobi & Schiele, 1988).

Cette séquence vécue en classe, issue de la recherche, dont les résultats sont éclairants, est dorénavant proposée aux futurs enseignants en formation initiale, sous la forme d'un atelier à vivre. Ils sont soumis aux mêmes tests et procèdent aux mêmes choix que les élèves lors de la séquence d'enseignement. Les résultats de la recherche menée avec les élèves sont ensuite envisagés avec les futurs enseignants, afin qu'ils réalisent l'impact de la forme des supports pour l'étude sur l'apprentissage de leurs futurs élèves. En plus de cette sensibilisation, cet atelier permet également aux futurs enseignants de réaliser qu'il existe une recherche en didactique des sciences et que cette dernière peut influencer leurs modes d'enseigner pour favoriser l'apprentissage chez leurs élèves.

ANNEXES⁴

Annexe 1 : Pré-test

L'ENVIRONNEMENT

1. Dans quelle mesure êtes-vous informé(e) sur les thèmes environnementaux suivants :

	<i>Je n'en ai jamais entendu parler</i>	<i>J'en ai entendu parler mais je serais incapable d'expliquer ce que c'est exactement</i>	<i>Je pourrais expliquer cela dans les grandes lignes</i>	<i>Je pourrais clairement expliquer de quoi il s'agit</i>
<i>La pollution de l'air</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Les déchets nucléaires</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Les conséquences de l'abattage massif des forêts</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>La pollution des mers et des océans</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>L'extinction de certaines espèces végétales et animales</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>L'utilisation des OGM (organismes génétiquement modifiés)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Les pénuries d'eau</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Les plastiques sont des agents polluants que l'on trouve en grande quantité dans les mers et les océans. Citez deux problèmes environnementaux qui peuvent découler de la présence de plastiques dans les océans.

- a.
.....
.....
- b.
.....
.....

4. Les tests, supports et questionnaires de cette annexe sont repris tels qu'ils ont été jadis distribués en classe.

3. Les produits suivants contiennent-ils du plastique ?

	Contient du plastique ?			
	Jamais	Parfois	Toujours	Je ne sais pas du tout
<i>Un sachet de thé</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>La pâte à modeler (pour enfants)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Le dentifrice</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>La mousse isolante</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Le fard à paupières</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Le gel douche</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LE RÔLE DU FOIE

1. Le foie a de nombreuses fonctions dont celle de participer au métabolisme des glucides et des lipides. Parmi les fonctions suivantes quelles sont celles auxquelles le foie participe également ?

	Fonction assurée par le foie ?		
	Oui	Non	Je ne sais pas du tout
<i>Stocker de l'énergie</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Acheminer les globules blancs</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Métaboliser les protéines sanguines</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Métaboliser les toxines</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Produire de l'insuline</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Dans le foie, les glucides issus de l'alimentation sont transformés en glycogène. Comment les glucides parviennent-ils au foie ?

- ☐ Ils sont échangés au niveau de la paroi intestinale au cours de la digestion.
- ☐ Ils sont acheminés au foie avec le bol alimentaire au cours de la digestion.
- ☐ Ils sont acheminés au foie par la circulation sanguine après la digestion.
- ☐ Je ne sais pas du tout.

LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Voici un bref aperçu du travail mené par une équipe de scientifiques.

« Des chercheurs en aéronautique ont réalisé une expérience avec des ballons. Si un ballon est gonflé modérément et qu’une personne l’éclate, il se divise en deux morceaux. Par contre, si le ballon est gonflé à bloc, il se fragmente en plusieurs morceaux. Les chercheurs ont constaté que plus la surface est tendue, plus la fissure va se déplacer rapidement à la surface du ballon. Cette vitesse de déplacement va déterminer la forme de la fissure. Cette expérience a permis aux scientifiques d’améliorer leur compréhension des phénomènes de fragmentation des matériaux. Et ceci est très utile en aéronautique. »

Ceci est juste un exemple car il existe de nombreuses recherches, très variées. Mais même si les méthodes varient d’une recherche à l’autre, il existe de nombreux points communs entre toutes les approches des scientifiques.

À quelle fréquence pensez-vous que les actions suivantes sont mises en œuvre par les scientifiques au cours de leurs recherches ?

	Fréquence de l’action ?			
	Jamais ou presque jamais	Parfois	Souvent	Très souvent
Écrire/rédiger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Voyager	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manipuler/expérimenter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Observer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Imaginer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Annexe 2 : Questionnaire de motivation

À quelle fréquence effectuez-vous les propositions suivantes à propos de la lecture ?

	<i>Jamais</i>	<i>Parfois</i>	<i>Souvent</i>	<i>Très souvent</i>
<i>Je ne lis que si j'y suis obligé(e).</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>J'aime lire des textes qui traitent des sciences.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>La lecture est un de mes loisirs préférés.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je lis des bandes dessinées.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je ne lis que pour trouver les informations dont j'ai besoin.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je m'intéresse à des documents présentant des textes non continus (tableau, diagramme, carte).</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je n'arrive pas à rester assis(e) à lire tranquillement pendant plus de quelques minutes.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je lis des revues, des magazines et/ou des journaux.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Poursuiviez-vous ces buts à l'école ?

	<i>Jamais</i>	<i>Parfois</i>	<i>Souvent</i>	<i>Très souvent</i>
<i>Je suis fier(-ière) de moi lorsque j'ai obtenu une bonne note sans me fatiguer.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je suis très enthousiaste lorsque le travail à faire est assez difficile.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Dans la majorité de mes cours, j'apprends uniquement dans le but d'avoir de bonnes notes.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je vois l'erreur comme un moyen de m'améliorer.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Au cours de sciences...

	<i>Jamais</i>	<i>Parfois</i>	<i>Souvent</i>	<i>Très souvent</i>
<i>Cela me plaît de me questionner sur des thématiques scientifiques.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>La matière est facile pour moi.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je suis intéressé(e) par la biologie.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je suis très intéressé(e) par la manière dont les scientifiques conçoivent leurs expériences.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je prends plaisir à acquérir de nouvelles connaissances en sciences.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Ça me plaît d'avoir à résoudre des problèmes en sciences.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

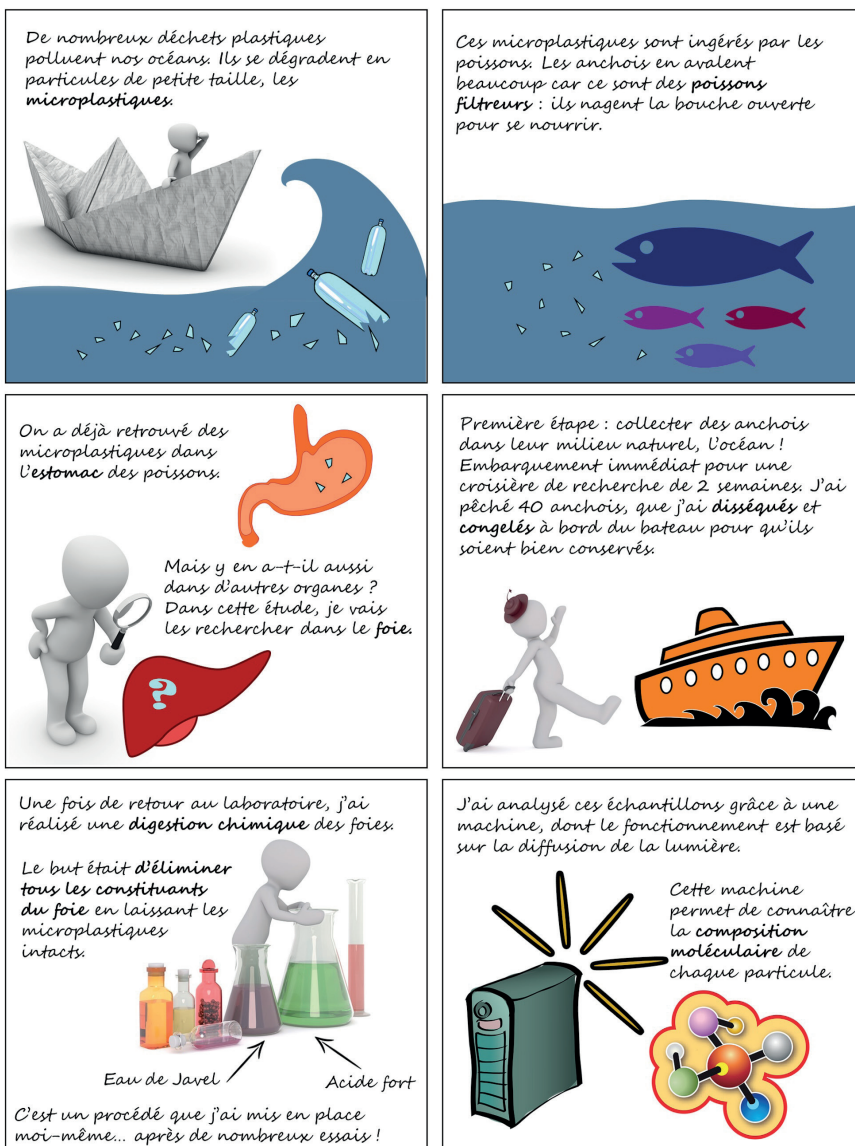
Quand j'exploite un document scientifique...

	<i>Jamais</i>	<i>Parfois</i>	<i>Souvent</i>	<i>Très souvent</i>
<i>J'essaie de mémoriser tous les points abordés dans le document.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je commence par déterminer exactement ce que j'ai besoin d'apprendre.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je souligne les passages qui me semblent importants.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>J'essaie de retenir autant de détails que possible.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je vérifie si je comprends ce que j'ai lu.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je résume le document avec mes propres mots.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Je relis le document encore et encore pour le mémoriser.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>J'essaie de repérer les notions que je n'ai pas bien comprises.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Annexe 3

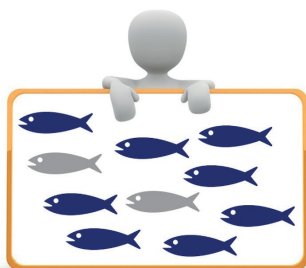
Supports : la bande-dessinée (d'après Collard et al., 2017)

Des microplastiques dans le foie de nos anchois ?



Selon un article de France Collard, Bernard Gilbert, Philippe Compère, Gauthier Eppe, Krishna Das, Thierry Jauniaux et Eric Parmentier.

Le résultat ? Les microplastiques sont **très fréquents** dans les foies des anchois. On en a retrouvé chez **8 poissons sur 10** !



J'ai conservé certains foies entiers pour faire des **cryosections**, c'est-à-dire de fines tranches de foie congelé.

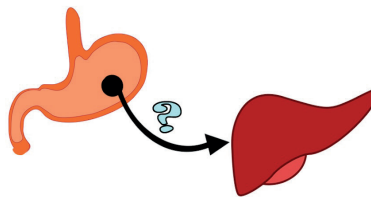


J'ai ensuite observé ces fines tranches au microscope.

J'ai aussi trouvé de microplastiques dans ces tranches de foie, mais malheureusement je n'ai pas réussi à localiser précisément dans quelle partie du foie ils se trouvaient.



Il reste donc une énigme à résoudre : comment les microplastiques sont-ils transportés de l'estomac vers le foie ?



Des études futures nous en apprendront sans doute plus...

Mais alors, faut-il continuer à manger des anchois ?

OUI...

MAIS...

Jusqu'à présent, on a détecté des microplastiques dans l'estomac et le foie de poissons, mais **pas encore dans les muscles** (que nous consommons).



Le risque est plus grand quand nous mangeons des mollusques, dont nous consommons l'entière de l'animal.



Un risque supplémentaire est présent : des **polluants** (comme les PCBs) s'accrochent sur les microplastiques.

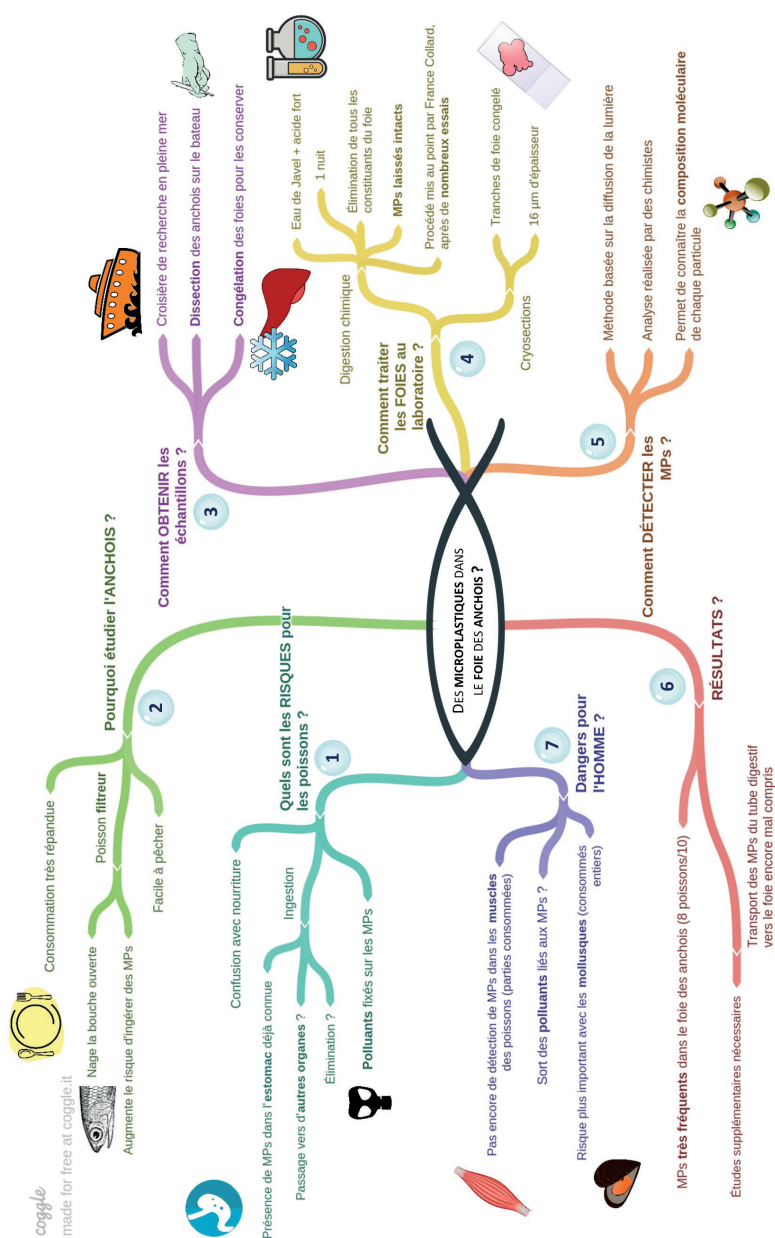
Dans l'estomac des poissons, ces polluants pourraient se détacher et, grâce à leur petite taille, migrer vers de nombreux autres organes.



On n'en sait encore rien actuellement... voilà une question de plus à élucider !

D'ici là, on n'oublie pas que manger du poisson a aussi de nombreux bienfaits, et on pense à varier les espèces !

Annexe 4 :
Supports : la carte conceptuelle (d'après Collard et al., 2017)



Selon un article de France Collard, Bernard Gilbert, Philippe Compère, Gauthier Eppe, Krishna Das, Thierry Jauniaux et Eric Parmentier.

Essaimageurs de Savoir est un projet réalisé avec le soutien de la Fédération Wallonie-Bruxelles. Envie d'en savoir plus ? Recherche.uliege.be/essaimageurs.

Annexe 5 :

Supports : le texte continu scientifique (d'après Collard et al., 2017)**DES MICROPLASTIQUES DANS LE FOIE DES ANCHOIS ?**

Quel est le dernier objet en plastique que vous avez touché ? Votre bouteille d'eau ? Un pot de yaourt ? Votre tube de dentifrice ? Le plastique est omniprésent dans notre vie quotidienne. Il génère aussi énormément de déchets... dont une grande partie finit dans les océans. Les déchets plastiques ne disparaissent pas, mais ils se décomposent en très petits morceaux, les microplastiques. Le problème ? À vrai dire, ils sont nombreux ! Mais concentrons-nous aujourd'hui sur celui-ci : les poissons avalent des microplastiques. Pourquoi font-ils cela ? Tout simplement car ils confondent ces minuscules morceaux de plastique avec de la nourriture !



Nous allons plus particulièrement parler de l'anchois, ce petit poisson que vous avez peut-être déjà mangé sur une pizza ou à l'apéritif. Pourquoi avoir choisi l'anchois ? Parce que nous en mangeons beaucoup, mais aussi parce que c'est un poisson filtreur. Késako ? C'est un poisson qui nage la bouche ouverte et avale toutes les particules qu'il rencontre. C'est ainsi qu'il se nourrit. Ce type d'alimentation le prédispose à ingérer beaucoup de microplastiques. Grâce à des études précédentes, on sait déjà qu'il y a des microplastiques dans l'estomac de nombreux

anchois. Mais on ne sait encore rien concernant le reste de leur corps... Dans cette étude, les chercheurs ont donc décidé de chercher si des microplastiques étaient présents dans un autre organe : le foie.

Mais comment étudier le contenu des foies d'anchois sauvages ? Il faut aller pêcher les anchois dans leur milieu naturel, l'océan ! France Collard, la chercheuse responsable de cette étude, a donc embarqué pour une croisière de 2 semaines. Il ne s'agissait pas d'une croisière touristique bien sûr, mais d'une croisière de recherche réunissant plusieurs chercheurs qui, comme France, avaient besoin de pêcher des poissons en pleine mer. Au cours de cette croisière, France a pêché 40 anchois. Pour que leurs foies soient bien conservés, elle a disséqué les poissons à bord du bateau et les a congelés.





Une fois de retour au laboratoire, France s'est lancée dans l'analyse des foies ramenés de sa croisière. Elle a procédé à une **digestion chimique** d'une partie des foies. Pour cela, elle a suivi une méthode qu'elle a longuement testée au préalable. Elle a placé les foies toute une nuit dans un mélange d'eau de Javel et d'acide fort. Le résultat ? Tous les constituants du foie ont été éliminés, mais les microplastiques sont restés intacts. France n'en est pas restée là : elle

voulait aussi connaître la **composition moléculaire** de ces microplastiques. Pour cela, elle a utilisé une machine dont le fonctionnement est basé sur la diffusion de la lumière. Ces premières analyses ont montré que les foies des anchois étaient bel et bien contaminés par des microplastiques. France a trouvé des microplastiques dans les foies de 8 poissons sur 10, c'est beaucoup !

France a utilisé les derniers foies qu'elle avait rapportés de sa croisière pour un autre type d'analyses. Avec ceux-ci, elle a réalisé des **cryosections**, c'est-à-dire de très fines tranches de foies encore congelés. En observant ces fines tranches au microscope, elle a aussi remarqué la présence de microplastiques. Mais malheureusement, sur les échantillons dont elle disposait, France n'a pas pu localiser exactement dans quelle partie du foie les microplastiques se trouvaient. Elle n'a donc pas pu récolter d'indice sur le trajet que ces microplastiques ont parcouru avant d'arriver dans le foie. Sont-ils directement transportés de l'estomac vers le foie ? Cette question reste en suspens pour l'instant... d'autres études y répondront sans doute prochainement !



Mais en attendant, faut-il continuer à manger des anchois ? Est-ce que c'est dangereux pour la santé ? N'oublions pas que les parties des poissons que nous mangeons sont leurs muscles. Jusqu'à présent, on a trouvé des microplastiques dans l'estomac et le foie des anchois, mais pas encore dans leurs muscles. En revanche, le risque est plus important quand nous mangeons des moules par exemple, car dans

ce cas, c'est la totalité de l'animal que nous ingérons. Enfin, à la présence de microplastiques s'ajoute un autre risque. On sait que des polluants (comme les PCBs) peuvent venir s'accrocher sur les microplastiques. Une fois que les microplastiques sont dans l'estomac des poissons, on ne sait pas ce que deviennent ces polluants. Ils pourraient se détacher de leur support et migrer vers d'autres organes. Encore une question à creuser... En attendant, on n'oublie pas que le poisson apporte aussi de nombreux nutriments bénéfiques pour la santé et qu'en variant les types de poissons au menu, on limite les risques liés à la pollution !

Annexe 6 : post-test

Type de support utilisé (entourez) : bande dessinée / carte conceptuelle / histoire

Des microplastiques dans le foie des anchois ?

1. Pourquoi la chercheuse a-t-elle choisi de travailler sur l'anchois en particulier ?
.....
.....
.....
2. Citez les grandes étapes que la chercheuse effectue pour récupérer les échantillons des foies.
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
3. Les foies sont traités en laboratoire. Pourquoi l'expression « digestion chimique » est-elle utilisée pour parler de ce traitement ?
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Type de support utilisé (entourez) : bande dessinée / carte conceptuelle / histoire

4. La chercheuse souhaitait comprendre comment les microplastiques parvenaient jusqu'au foie.

a) Pratiquement, qu'a-t-elle réalisé pour étudier cette question ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b) La méthode utilisée lui a-t-elle permis d'y répondre ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. Quel risque supplémentaire entraîne la présence de microplastiques dans un organisme ?

.....

.....

.....

.....

6. Les anchois sont-ils toujours vidés avant d'être cuisinés ? Si oui, alors pourquoi étudier la présence des microplastiques dans le foie quand l'étude des muscles serait prioritaire ?

.....

.....

.....

.....