Enseignement scientifique et esprit critique

Juin 2018

Rédaction : Denis Caroti (Aix-Marseille) et Delphine Laugier (Paris)
Relecture : Sabrina Ben Brahim (Paris)

Enjeux

Développer la capacité des élèves à se servir avec discernement de la multitude d'informations et de sollicitations reçues chaque jour est un enjeu majeur pour le monde éducatif. En effet, quel que soit le domaine, l'évaluation de la qualité de l'information est le pivot d'une démarche critique efficace. Enseigner comment analyser et vérifier l'information est donc fondamental, mais il faut en outre l'accompagner d'une méthodologie fiable pour contourner les erreurs de jugements et autres biais, qu'ils soient perceptifs ou de raisonnement, et pouvant nous amener à adhérer indûment à des affirmations erronées et autres arguments fallacieux.

La méthode scientifique est précisément issue de ce besoin de dépasser nos limites et de tenter de parvenir de la meilleure façon possible à une connaissance solide du monde qui nous entoure. Il semble donc nécessaire de développer des activités permettant de comprendre non seulement comment mettre en œuvre cette méthode, mais aussi pourquoi on peut lui faire confiance, en explicitant les critères lui permettant de construire des connaissances, bien différentes de nos opinions, idées reçues ou autres croyances. L'éducation à l'esprit critique n'est pas l'application d'un doute systématique ni la promotion d'une méfiance totale. Au contraire, elle permet d'initier une démarche d'enquête, de vérification, d'analyse et de compréhension, non seulement des informations reçues, mais également de notre propre point de vue, de nos opinions, afin de les confronter à celles des autres. Ceci est fondamental pour bâtir une confiance raisonnée et éclairée en la science en tant que démarche, et pour outiller le citoyen de demain face aux choix qu'il devra prendre, en connaissance de cause.

Objectifs

Utiliser les bases épistémologiques et historiques de la démarche scientifique pour :

1. **Évaluer l'information disponible**
2. **Pratiquer une méthodologie d'enquête**
3. **Savoir argumenter rationnellement**

Enseigner la pensée critique fondée sur la méthodologie scientifique nécessite de considérer au moins deux composantes de celle-ci : les **dispositions ou attitudes** et les **pratiques ou capacités** critiques. Ces deux dimensions sont indispensables et indissociables car elles permettent, ensemble, d'éclairer l'élève dans sa compréhension et son analyse des informations qu'il reçoit.

Thématiques

Épistémologie pratique

- Identifier une affirmation de type scientifique et estimer la force de la preuve (curseur de vraisemblance, charge de la preuve, construction d'une échelle des preuves).
- Distinguer opinion, croyance et connaissance.
- Distinguer science, non science et pseudo-sciences : forces et faiblesses de l'induction, méthode hypothético-déductive et critère de réfutabilité, principe de parcimonie, matérialisme méthodologique.
- Identifier et distinguer controverse scientifique et débat public.
- Connaître et exploiter les processus mis en œuvre dans la construction de la connaissance.
- Distinguer confiance aveugle et confiance éclairée par délégation d'autorité envers la connaissance scientifique.

Argumentation, langage et raisonnement

- Détecter les pièges du langage : distinguer connotation et dénotation, métonymie et euphémismes, effet Barnum et astrologie.
- Classifier un argument, estimer la robustesse d'une argumentation, un raisonnement valide ou non valide (syllogisme, paralogisme).
- Débattre pour argumenter, remettre en question son opinion, la justifier et savoir écouter.

Biais cognitifs

- Identifier les biais cognitifs (jugement, raisonnement).
- Prendre conscience de la faillibilité des sens : illusions d'optiques ou sensorielles, mémoire sélective et cécité au changement.
- Distinguer système rapide (heuristique) et système lent (analytique) ; renforcer la qualité des heuristiques de traitement de l'information.
- Se confronter aux erreurs mathématiques autour des probabilités, du hasard, des statistiques, du traitement des données et de leur représentation (sondages, graphiques) afin de mieux les repérer et ainsi rester vigilant quant aux conclusions à en tirer.

Analyse et tri de l'information

- Développer une méthodologie d'enquête, de recherche et d'analyse de l'information à partir de plusieurs cas concrets : recherche par mots clés, analyse des sources, recherche par image inversée, identifier et interroger des spécialistes d'un sujet donné.
- Identifier et différencier les sources plus ou moins fiables : distinguer journal, blog, articles, articles scientifiques, publications scientifiques, vulgarisations, rapport d'experts, *etc.*
- Utilisation et distorsion des chiffres : confusion corrélation causalité, indicateurs statistiques, probabilités inversées, lecture des graphiques

Méthodologie pratique

- Mettre en place un protocole expérimental pour tester des affirmations banales ou plus étranges.
- Formuler des hypothèses, définir les paramètres à mesurer, étalonnage, test à blanc, aveugle, double aveugle.
- Prévoir et analyser statistiquement le résultat d'une expérience : test d'hypothèse, critères de tri, seuil, erreur de première espèce et seconde espèce.

Progression envisageable

Cette progression peut être envisagée selon différentes modalités : ensemble de séquences sur les deux années du cycle terminal ou dans une logique spiralaire, chaque séquence étant traitée au cours de chaque année du cycle sur les thèmes possibles. Certaines séquences, en particulier la séquence 6, peuvent être réservées à la classe de terminale. Par ailleurs, la dernière séquence consacrée aux enjeux de la recherche contemporaine peut être disséminée à travers l'ensemble des séquences dans la perspective d'articuler démarche scientifique, histoire des sciences et vitalité de la recherche actuelle. Il est préconisé de suivre l'ordre des séquences construit de façon progressive vis à vis des contenus méthodologiques visés.

Les exemples proposés dans chaque séquence ne sont pas à envisager de façon exhaustive mais cherchent à donner des pistes suffisamment variées en termes de contenus disciplinaires pour offrir aux enseignants impliqués dans cet enseignement une plus grande flexibilité organisationnelle.

SÉQUENCE *1*

Prendre conscience des limites de nos sens

Contenu

- Utilisation et construction d'illusions d'optique
- Illusions auditives
- Sens barrique : discriminer 2 objets de masses différentes et sens du toucher (capteurs sensoriels, pression, force par unité de surface)
- Illusions gustatives : capteur de goût, catégorie d'aliments (sucres, acides), utilisation de la miraculine
- Cécité d'inattention et mémoire : réalisation d'un test d'attention sélective

Source : Livre *Esprit critique, es-tu là ?* Cortecs, Book-e-book.com
Ouvrage Canopé (sortie prévue décembre 2018)

Progression

À partir d'exemples de nature différente, les élèves identifient les processus mis en œuvre dans leur perception du monde (SVT et PC). Les limites des sens sont mises en évidence dans des situations variées. Pour chaque cas, les élèves élaborent des méthodes pour contourner ces limites. L'objectif est d'amener les élèves à prendre conscience de la nécessité de disposer d'appareils de mesure ou d'outils appropriés. Une première échelle des preuves est co-élaborée ordonnant le témoignage, l'expérience personnelle et la mesure. Elle sera modifiée et amendée au cours de l'enseignement.

Transition

Une fois établie l'affirmation que la connaissance du monde ne peut reposer uniquement sur nos perceptions, les élèves mettent en question la fiabilité des mesures et leurs modes de représentation dans la séquence 2. L'approfondissement d'une forme d'illusion d'optique particulière, les paréidolies, dans une séquence *1 bis* met en relation l'interprétation d'une image par le cerveau avec les caractéristiques d'une image numérique.

SÉQUENCE *1 bis*

Interpréter une image

Contenu

- Paréidolies
- Biais cognitifs (agentivité et anthropomorphisme, entre autres)
- Tirage aléatoire
- Numérisation de l'image

Source : Activité de E. Martinet, S. Riondet (Cité Scolaire Internationale Europole)

Progression

Un questionnement ciblé autour des paréidolies illustre deux aspects spécifiques : la tendance à voir des motifs dans des ensembles aléatoires ainsi que la tendance à scénariser, c'est à dire raconter une histoire et donner du sens, à partir d'une image.

Les illusions d'optique en couleur peuvent être déconstruites à partir de la codification RVB tandis que le cas particulier du « visage de Mars » met en évidence l'influence de la résolution d'une image numérique sur les interprétations qu'on peut en donner. Cet exemple est l'occasion d'introduire le principe de parcimonie des hypothèses (dit aussi « rasoir d'Ockham ») : il est en effet moins coûteux en hypothèses d'envisager que notre cerveau cherche et donne du sens à cette image,

reconnaissant un visage dans un cliché certainement de faible qualité compte tenu des techniques de l'époque, plutôt que de privilégier l'existence d'une société extraterrestre développée, ayant construit un édifice gigantesque et représentant un visage humanoïde.
On pourra par ailleurs envisager la rédaction d'un programme informatique qui génère un ensemble aléatoire de pixels noirs ou blanc et illustrer que certaines productions numériques conduisent à des paréidolies.

Transition

Une fois établie l'affirmation que la connaissance du monde ne peut reposer uniquement sur nos perceptions, les élèves approfondissent les limites de la fiabilité des mesures et leurs modes de représentation.

SÉQUENCE *2*

Représenter des données chiffrées

Contenu

- Dispersion des résultats et reproductibilité d'une expérience
- Histogramme et erreurs statistiques
- Représentation des données et interprétation
- Confusion corrélation/causalité

Source : N. Gauvrit, *Statistiques, méfiez-vous !* Ellipse
Ouvrage Canopé (sortie prévue décembre 2018)

Progression

On pourra présenter divers exemples de graphiques erronés et mal construits présents dans les médias (échelle ou origine absente, histogrammes tronqués) afin de repérer les points essentiels dans la lecture d'un graphique. Si une représentation graphique n'est pas fausse, elle peut néanmoins induire une compréhension orientée des données ou résultats exposés : il est donc nécessaire de comprendre que les chiffres ne parlent pas d'eux-mêmes. À partir d'un ensemble de données fournies (tirées de mesures réalisées en classe par exemple), les élèves pourront s'entraîner à présenter celles-ci (construction de graphiques) pour en fournir une interprétation différente selon le choix des axes, origines ou échelles, titres et autres styles de présentation.
La confusion corrélation/causalité est au cœur d'un grand nombre de ces interprétations erronées ou abusives et on amènera les élèves à comprendre et repérer celles-ci (variable de confusion, sens de la causalité, non causalité) en présentant de nombreux exemples réels.

Transition

Après avoir travaillé sur l'interprétation des chiffres et graphiques, on propose de questionner une autre forme d'interprétation possible des résultats et observations : les biais cognitifs

---

SÉQUENCE *3*

Comprendre les biais cognitifs

Contenu

Biais de confirmation, réfutabilité et effet Barnum :

- Expérience de Forer
- Principe de réfutabilité
- Analyse du discours d'un horoscope
- Rédaction d'un programme informatique de génération de profil astrologique

Source : C. Grisolia, I. Tarride, MPS, lycée Val de Durance, Aix-Marseille

Tri sélectif des données

- Cherry picking (sélectionner des faits ou données qui soutiennent une opinion, tout en ignorant tous les cas qui contredisent cette position) dans la recherche scientifique
- Réaliser une vidéo (par exemple de lancés “incroyables”)

Progression

L’expérience de Forer est une entrée en matière appropriée pour confronter les élèves à une nouvelle interprétation de données : l’évaluation d’une description “personnalisée” pourtant commune à tous. Elle fait écho aux paréidolies (donner du sens à un stimulus visuel ou auditif) et permet de montrer en quoi nous sommes aussi faillibles, même lorsqu’il est question de nous connaître nous-mêmes.

On présentera alors deux mécanismes à l’œuvre dans cet effet : le biais de confirmation et l’effet Barnum. Pour le premier, qui consiste à privilégier nos idées, opinions et croyances, on pourra insister sur notre tendance à accorder moins de poids aux hypothèses et informations jouant en défaveur de nos conceptions. En effet, la confirmation d’une opinion est certes nécessaire, mais l’examen critique consiste davantage à chercher une “expérience cruciale” (en référence à Karl Popper et au principe de réfutabilité des hypothèses scientifiques), permettant d’éprouver la solidité de nos hypothèses face à des tests empiriques et évitant ainsi de tomber dans une confirmation logiquement invalide. Il est ainsi important de montrer la différence et le risque entre la « recherche de confirmations » et la « recherche de réfutations ».

Divers exemples d’horoscopes dans les journaux peuvent être utilisés pour analyser et comprendre les mécanismes linguistiques et rhétoriques à l’œuvre, puis on pourra faire construire une description “personnalisée” (via un programme informatique) à tester afin de récupérer des données et comparer les résultats avec les connaissances scientifiques sur le sujet.

On pourra également travailler sur le tri sélectif des données :

- en réalisant avec les élèves une vidéo où plusieurs séquences filmées sont mises bout à bout pour donner l’impression d’une capacité extraordinaire (lancés de ballons) ou accumulation de témoignages (principe du micro trottoir) ;
- en sélectionnant sur un ensemble de données, comme dans le cas d’une expérience scientifique (SVT, PC), une partie d’entre elles qui appuient ou confirment une hypothèse *post hoc* (exemple simple possible : conservation de la masse au cours d’un changement d’état).

Transition

Après avoir constaté les écueils qui sont présents dans toute observation et utilisation des données lors d’une expérience, on comprend la nécessité de réaliser des expériences contrôlées pour tester des hypothèses.

SÉQUENCE *4*

Mettre en œuvre une démarche expérimentale rigoureuse

Contenu

Réaliser une expérience dans des conditions contrôlées et rigoureuses en amenant les élèves à se tromper puis à rectifier leur protocole de départ : exemple d’un test de “détection” de la présence d’eau par une personne qui prétendrait avoir cette capacité et comparaison avec les résultats avec une expérience menée pour tester celle-ci à grande échelle (expérience de Munich, 1996) :

- Protocole initial
- Test à blanc
- Randomisation
- Simple aveugle
- Double aveugle
- Critère d’estimation de réussite et analyse statistique
- Reproductibilité

Source : Livre *Esprit critique, es-tu là ?* Cortecs, Book-e-book.com
F. Gouthière, *Santé, science, doit-on tout gober ?*, Belin

Progression

Cette séquence se déroule en plusieurs étapes : d'abord l'explicitation de l'enjeu (formuler une hypothèse puis la tester dans des conditions rigoureuses), ensuite la construction du protocole expérimental par les élèves (une astuce est prévue pour les obliger à renforcer la qualité du test au fur et à mesure des succès du sujet testé) et enfin la discussion sur l'analyse des résultats (critères de réussites, erreur de première et seconde espèce, valeur-p, puissance, reproductibilité)

Transition

On explique que ces procédures sont à l'œuvre dans la recherche scientifique et en quoi elles permettent de confronter les résultats obtenus de manière rationnelle et objective. C'est le cas de plusieurs controverses scientifiques historiques.

SÉQUENCE *5*

Connaître quelques exemples de controverses scientifiques historiques

Contenu

Présenter différentes controverses scientifiques historiques et leurs résolutions

Exemples possibles

- Détermination de l'âge de la Terre
- "Dérive" des continents
- Sens du courant électrique
- Héliocentrisme *vs* géocentrisme
- Évolution
- Rayons N

Source : Revue Scientifique, 07-12 1904, n°17, II

Progression

On pourra commencer par présenter l'exemple des rayons N pour faire le lien avec la séquence précédente et illustrer que l'utilisation d'une méthode rigoureuse peut parfois être absence dans la recherche scientifique (biais de confirmation, tri des données). À l'aide du rapport de Robert H. Wood paru dans la *Revue Scientifique* (1904), on fera identifier les différents biais méthodologiques présents dans les expériences conduites par R. Blondlot.

Cette controverse étant localisée et courte, d'autres exemples seront pris à travers l'histoire des sciences pour illustrer différentes controverses scientifiques.

Transition

Si ces controverses témoignent de moment clés de la confrontation des idées, elles situent peu ces évolutions dans une histoire des idées plus globalisante. Les exemples évoqués au cours de la séquence 6 permettent d'éviter de construire une image linéaire de l'histoire des sciences et mettent davantage en lumière les interactions entre sciences et société ainsi que les limites des systèmes de pensée dans le contexte des connaissances de l'époque.

SÉQUENCE *6*

Inscrire la construction des modèles scientifiques dans l'histoire des idées et des sociétés

Contenu

Mettre en évidence les interactions entre sciences et société à partir de quelques exemples d'interpénétrations.

Exemples possibles

- Lyssenkisme

- Découverte de la cellule
- Modèle des isotopes d'Aston
- Non détermination de la taille d'une molécule par Franklin
- Modèle du rayon lumineux et circulation sanguine (science grecque, arabe, et Lumières)
- Lois de réfraction (évolution de la modélisation)
- Reproduction sexuelle (de la « graine » au gamète, vocabulaire descriptif choisi)

Source : Activités de formation (https://tinyurl.com/ECParis de S. Ben Brahim et D. Laugier)
J.P. Jouary *Enseigner la vérité ? Essai sur les sciences et leurs représentations,* L'Harmattan
Site SVT égalité (article d'Alexandre Magot sur la fécondation)

Progression

Les propositions précédentes permettent d'éviter une dissociation entre sciences et société. L'évolution du modèle du rayon lumineux ne correspond pas strictement à une controverse scientifique, les différents modèles n'étant pas contemporains l'un de l'autre. Par ailleurs, cet exemple permet de mettre en évidence que la transmission du savoir grec par le monde arabe au Moyen-Age en Occident s'est doublée d'apports propres. Le phénomène est similaire dans l'étude de la circulation sanguine.

La recherche des lois de la réfraction par une approche historique permet de mettre en évidence le domaine de validité d'une loi, également tributaire de la précision des appareils de mesure et de la qualité technique du dispositif.

Le modèle des isotopes par Aston permet d'éviter la présentation linéaire usuelle de l'histoire du modèle de l'atome. Ce modèle, construit alors que le neutron n'avait pas encore été mis à jour, permet d'expliquer les résultats obtenus par spectrométrie de masse et est cohérent avec les connaissances de l'époque. Corollairement, l'expérience de Franklin est souvent interprétée à tort comme permettant de déterminer la taille d'une molécule. En fait, le concept de molécule n'était alors pas répandu dans la communauté scientifique et Franklin n'en a jamais déduit la longueur de la molécule d'huile.

La découverte de la cellule met en évidence la différence d'interprétation, mêlant au champ scientifique des considérations politiques : si l'observation est la même, les interprétations de la place de la cellule dans l'organisme se rapportent au débat philosophique du rapport de l'individu à l'Etat. C'est donc l'occasion de mettre en évidence la différence entre fait et interprétation. De même, le lyssenkisme appliqué en URSS permet de montrer les échecs et les dangers d'une science qui serait subordonnée au politique. Il ne s'agit pas d'ouvrir la porte à un relativisme mais contextualiser et historiciser la construction des connaissances scientifiques.

Ces derniers exemples doivent être traités avec précaution afin d'éviter un effet rebond et peuvent être réservés à la classe de terminale.

Transition

Mettre en évidence différentes évolutions et mises en défaut de la science (en tant que somme de connaissances) vis à vis des connaissances actuelles ne doit pas pour autant conduire à dévaluer la science en tant que démarche et mode de production de connaissances. C'est au contraire ce processus qui est garant d'une description du réel la plus précise et fiable possible. Pour renforcer cette confiance éclairée dans les savoirs établis scientifiquement, on abordera dans la séquence 7 des remises en question contemporaines qui assimilent controverse scientifique et publique et mettant en évidence une misconception du processus d'élaboration de la connaissance scientifique.

SÉQUENCE *7*

Analyse de quelques situations présentant une remise en question du consensus scientifique

Contenu

Construction des connaissances scientifiques (système des publications scientifiques - réinvestissement)

Exemples possibles

- Origine anthropique du changement climatique

- Ondes électromagnétiques, glyphosate
- OGM : Analyse du protocole de Seralini et mode de publication
- Homéopathie

Source : *Sciences et pseudo-sciences* (journal de l'AFIS)

Progression

Commencer par la présentation du principe de publication scientifique, de relecture par les pairs en pointant les avantages mais aussi les limites du système (pression et course à la publication, conflits d'intérêts, revues prédatrices) : comprendre pourquoi il est raisonnable de faire confiance aux organismes qui publient des analyses globales afin d'établir un état des lieux de la recherche sur un sujet à un instant donné.

Présenter ensuite des exemples de remise en question du consensus en distinguant les différents registres : dans le registre factuel, descriptif et des connaissances objectives, nous pouvons avoir recours à l'avis des experts scientifiques dans leur champ de compétence ; dans le registre du politique, du choix de société, le débat public peut alors s'installer et d'autres arguments sont alors à prendre en compte dans la prise de décision collective.

Transition

Si la confusion des discours existe, c'est bien que l'information scientifique est présentée médiatiquement comme ponctuelle et sensationnelle, gommant le lent processus correctif et cumulatif de production de ces connaissances par la recherche et le travail de publication et mélangeant consensus scientifique, controverse scientifique et controverse médiatique. Cette opposition est d'autant plus marquée dans des domaines comme la santé, domaine qui concerne chacun d'entre nous. La méconnaissance des processus mis en œuvre dans la construction des connaissances scientifique dont témoignent certaines remises en question du consensus scientifique est par ailleurs fréquemment utilisée dans les théories du complot

---

SÉQUENCE *7 bis*

Identifier et déconstruire quelques « théories » du complot

Contenu

L'objectif n'est pas de ramener les personnes adhérant aux scénarios conspirationnistes dans le droit chemin mais de fournir aux élèves, possiblement séduits par ces scénarios, les outils pour mettre à l'épreuve ces « théories » et comprendre l'intérêt des démarches d'investigations rigoureuses et scientifiques face à l'élaboration de récits fantaisistes et peu étayés.

Cette séquence appelle donc à un point de vigilance : elle doit s'inscrire dans une démarche globale et réinvestir les outils critiques et méthodologiques travaillés précédemment afin de les appliquer à ces thématiques. Un effet rebond de remise en question de la parole de l'enseignant est possible et d'autant plus renforcé que la méthodologie de construction des connaissances scientifiques et les outils critiques n'auront pas été traités et/ou réinvestis.

Exemples possibles

- Chemtrails
- Moonhoax

Source : Activités sur le site du CLEMI Académie de Paris
La main à la pâte *Esprit critique, esprit scientifique* (2 tomes)

Progression

En préalable il convient de rappeler que l'histoire a connu plusieurs exemples de complots avérés. Les conspirationnismes se fondent sur cette réalité du complot c'est pourquoi il est important de ne pas la passer sous silence.

Ensuite, il conviendra de proposer une définition scientifique des « théories » du complot et de la démarche scientifique permettant d'enquêter sur ces sujets. On pourra s'appuyer sur les deux exemples proposés ci-dessus afin de mettre en évidence les moyens mis en œuvre dans la production et la diffusion des « théories » du complot. Chaque cas sera l'occasion d'appliquer à nouveau les outils méthodologiques, épistémologiques et critiques. L'exemple des chemtrails, en comparant les hypothèses nécessaires à un scénario conspirationniste vis à vis d'une étude des diagrammes (P; T) pour l'eau permet de réinvestir le principe de parcimonie des hypothèses.

Il est nécessaire d'être vigilant et précis dans la description du rasoir d'Ockham, notamment dans le cadre des « théories » du complot : une mésinterprétation est souvent utilisée par les conspirationnistes eux-mêmes pour lesquels ce principe est transformé en « choix de l'hypothèse la plus simple » (et non de la plus parcimonieuse dans un cadre de connaissances donné). Un travail spécifique autour des indices paratextuels peut être mené pour identifier l'intention des auteurs de sites présentant des « théories » du complot.

Transition

La diffusion des « théories » du complot via des sites web ou des vidéos, voire parfois des documentaires diffusés sur des chaînes télévisuelles met en œuvre des effets souvent proches de ceux utilisés dans la diffusion médiatique et dans la mise en scène d'une information scientifique.

SÉQUENCE *8*

Identifier les spécificités médiatiques de la diffusion d'une information scientifique

Contenu

- Analyser des couvertures de journaux de vulgarisation scientifique : connotation des mots, utilisation des images, analyse des titres.
- Expliciter la recherche de la source d'une information scientifique (exemple : « des physiciens ont découvert une réaction plus puissante que la fusion »).
- Comparer les temporalités de la recherche scientifique et de la diffusion médiatique (exemple des neutrinos, « accident nucléaire »)

Source : Thèse de R. Monvoisin *Pour une didactique de l'esprit critique*
Zététique & utilisation des interstices pseudoscientifiques dans les médias
Sciences et pseudo-sciences n°323
Activité « traitement médiatique de l'information scientifique » (CLEMI Académie de Paris)

Progression

Il est envisageable de commencer par l'explicitation du processus de médiatisation d'une information scientifique : de l'article au communiqué de presse en passant par le service de communication de l'université et autres réseaux sociaux, pointer la transposition médiatique à l'œuvre, amenant l'information à être simplifiée et parfois déformée. On prendra des exemples de couvertures de journaux de vulgarisation scientifique pour pointer la scénarisation de l'information scientifique, jouant sur les mêmes codes que toute autre information. Ce sera l'occasion de montrer l'importance de revenir à la source de l'information (article de revue à comité de lecture), et de pointer aussi les déformations des résultats affichés par les chercheurs à l'origine : les corrélations transformées en causalité par les médias en est un très bon exemple. Tous les maillons de la chaîne de l'information pourront être questionnés, du chercheur au graphiste en passant par le service de presse universitaire, les agences, les journalistes, etc.

Les vidéos de zeste de sciences (chaîne YouTube du CNRS) ainsi que l'Agence Science Presse pourront être mises à profit pour montrer l'importance de la collaboration entre scientifiques et journalistes dans la diffusion de l'information scientifique. Un travail de recherche avec le professeur documentaliste et le professeur d'anglais peut ainsi être conduit dans la compréhension des résumés d'articles publiés dans les revues. On présentera des moteurs de recherches dédiés aux publications scientifiques (type *Google Scholar*) afin de revenir sur la distinction entre publication scientifique, communiqué de presse, et vulgarisation scientifique.

Transition

La question de la recherche des sources d'information est donc posée : comment trouver l'origine de l'information et évaluer sa fiabilité ?

SÉQUENCE *9*

Évaluer la fiabilité d'une information sur une « question vive »

Contenu

- Motiver le travail d'enquête sur une thématique médiatiquement repérée.
- Effectuer une recherche préliminaire sur la thématique (revue de presse, repérer les acteurs du débat, définir les enjeux de la controverse, objectif de l'enquête à mener).
- Identifier les processus de désinformation (du canular aux théories du complot en lien avec les critères de scientificité d'un raisonnement).

Source : Ouvrage Canopé (sortie prévue décembre 2018)
Site du CLEMI Académie de Paris),
Travaux de Rose-Marie Farinella (1er degré, académie de Grenoble)

Progression

Choisir un thème vif permettant aux élèves d'avoir un avis sur la question (*Faut-il rendre 11 vaccins obligatoires ? Doit-on arrêter d'utiliser le glyphosate ?*) et proposer d'enquêter sur le sujet, avec méthode. Si bon nombre d'élèves ont un avis sur la question, il est important de leur faire noter qu'ils n'ont en réalité aucune expertise sur le sujet, d'où la recherche approfondie proposée. La première étape consistera à faire une recension des acteurs du débat à travers une revue de presse sur internet, permettant de répondre aux questions usuelles de recherche d'information : *Qui, Quoi, Où, Quand, Comment ?*

Il faudra ensuite amener les élèves à distinguer les différents types de registres avancés : scientifique, économique, éthique, idéologique. Enfin, on pourra réinvestir les notions vues précédemment pour remonter à la source des informations scientifiques citées et vérifier leur fiabilité.

Transition

En effectuant cette recherche, on se retrouve confronté à un grand nombre d'arguments qui ne s'appuient pas que sur des connaissances scientifiques. Il est donc nécessaire, pour être autonome et effectuer des choix éclairés, de comprendre, identifier et évaluer les arguments qui nous sont soumis.

SÉQUENCE *10*

Identifier et comprendre la validité d'un argument

Contenu

- Connaître la définition d'un argument.
- Comprendre les bases de la logique formelle (syllogisme, paralogisme, validité d'un argument et véracité de la conclusion).
- Identifier les arguments fallacieux dans différents contextes : SVT et évolution, PC et pseudosciences.

Source : La main à la pâte *Esprit critique, esprit scientifique* (cycle 4 et 2nde)

Progression

Présenter les bases de la logique formelle (syllogisme, paralogisme, validité et véracité d'un argument, connecteurs logiques) à l'aide d'exemples concrets.

Utiliser un travail en groupe de type *Jigsaw* (groupe puzzle) pour amener les élèves à étudier, comprendre et identifier plusieurs arguments fallacieux. On pourra demander à chaque groupe de construire un paragraphe argumentatif parsemé de paralogismes sur une thématique "légère", obligeant les autres groupes à repérer et identifier ceux-ci. Ce détour décontextualisé permet de construire plus solidement ces bases avant un réinvestissement sur des situations réelles.

Transition

Si le repérage d'arguments fallacieux est nécessaire pour éviter d'adhérer de manière indue à une opinion ou idée avancée, la pratique du débat permet d'aller plus loin : écoute, empathie, remise en question et problématisation sont des compétences essentielles pour participer au processus démocratique de confrontation des idées et développer une pensée critique aiguisée.

SÉQUENCE *11*

Argumenter, problématiser et débattre rationnellement

Contenu

- Un jeu de rôle de type "jouer à débattre" (JAD) : introductif sans argumentation étayée dans un premier temps, puis recherche de spécialistes.
- Un débat sur une question de société mettant en œuvre des enjeux scientifiques, économiques, géopolitiques, *etc.*

Exemples possibles

- L'humain augmenté (JAD)
- Les biotechnologies (JAD)
- Faut-il rendre obligatoires 11 vaccins ?
- Doit-on interdire le glyphosate ?
- Faut-il envoyer des hommes coloniser Mars ?
- Avons-nous des devoirs envers les animaux ?
- Faut-il limiter la vitesse sur route à 70 km/h ?
- Les drones sont-ils une menace pour les libertés individuelles et/ou publiques ?

On s'attachera à traiter des thématiques liées au contexte local et favorisant la transdisciplinarité. Il est bien entendu nécessaire de maîtriser différentes formes de débat et de les préparer en amont. En effet, l'intérêt du débat réside dans l'expression et la justification du positionnement intellectuel de l'élève. Ainsi, le débat doit-il permettre à chacun de donner son avis en invitant les élèves à justifier leur position par la formulation d'arguments. La confrontation des idées peut les amener à réviser leur avis après réflexion, c'est-à-dire à écouter les autres et à tenir compte de leurs idées. Contre le dogmatisme, l'enfermement et l'entêtement, le débat développe leur esprit critique en les habituant à rendre raison de leurs opinions, à se remettre en question et à accepter de se corriger, modestement, pour penser par eux-mêmes avec les autres.

Source : Ouvrage Canopé (sortie prévue décembre 2018)

La main à la pâte *Esprit critique, esprit scientifique* (cycle 4 et 2nde)

Jouer à débattre

Engaging science

Progression

Après avoir choisi un type de débat et présenté les bases méthodologiques de celui-ci, on pourra identifier les enjeux de celui-ci : l'idée est d'être capable discerner les registres mis en œuvre dans la question posée, de définir les mots et de prendre position en déployant une argumentation raisonnée et valide. Dans ce cadre, on évitera les sophismes.

Transition

Les élèves ayant appris à distinguer les types d'arguments, à en évaluer la force et à les utiliser dans le cadre du débat, ils prennent conscience dans la séquence suivante des enjeux contemporains de la recherche scientifique actuelle.

SÉQUENCE *12*

Vitalité et enjeux de la recherche contemporaine

Contenu

Panorama de la recherche en France, en Europe, dans le monde. Recherche publique et recherche privée, rôle des laboratoires universitaires. Présentation de différents organismes publics de recherche (CNRS, CEA, INRA, *etc.*). Possibilité de participer à des rencontres avec des chercheurs organisées tout au long de l'année et sur différents événements (Fête de la Science, Souk des sciences, concours, « Ma thèse en 180 secondes », *etc.*)

Exemples possibles

Domaines et thèmes possibles

- Chimie verte (valorisation du CO_2, …)
- Utilisation des sources renouvelables d'énergie et matériaux
- Astrophysique (exoplanètes…)
- Neurosciences (analyse fonctionnelle)
- Biodiversité
- Intelligence artificielle

Tableau de synthèse par séquence

Séquence	Thématique
Séquence 1 : Prendre conscience des limites de nos sens	➔ Biais cognitifs
Séquence 1 bis : Interpréter une image	➔ Biais cognitifs ➔ Epistémologie
Séquence 2 : Représenter des données chiffrées	➔ Biais cognitifs ➔ Analyse de l'information
Séquence 3 : Comprendre les biais cognitifs	➔ Biais cognitifs ➔ Argumentation, langage et raisonnement ➔ Epistémologie
Séquence 4 : Mettre en oeuvre une démarche expérimentale rigoureuse	➔ Méthodologie pratique
Séquence 5 : Connaître quelques exemples de controverses scientifiques historiques	➔ Epistémologie ➔ Biais cognitifs ➔ Histoire des sciences
Séquence 6 : Inscrire la construction des modèles scientifiques dans l'histoire des idées et des sociétés	➔ Epistémologie ➔ Histoire des sciences
Séquence 7 : Analyse de quelques situations présentant une remise en question du consensus scientifique	➔ Epistémologie ➔ Analyse et tri de l'information ➔ Histoire des sciences
Séquence 7 bis : Identifier et déconstruire quelques théories du complot	➔ Argumentation, langage et raisonnement ➔ Epistémologie ➔ Biais cognitifs
Séquence 8 : Identifier les spécificités médiatiques de la diffusion d'une information scientifique	➔ Argumentation, langage et raisonnement ➔ Epistémologie ➔ Analyse et tri de l'information
Séquence 9 : Evaluer la fiabilité d'une information sur une "question vive"	➔ Argumentation, langage et raisonnement ➔ Epistémologie ➔ Analyse et tri de l'information
Séquence 10 : Identifier et comprendre la validité d'un argument	➔ Argumentation, langage et raisonnement
Séquence 11 : Argumenter, problématiser et débattre rationnellement	➔ Argumentation, langage et raisonnement ➔ Epistémologie ➔ Analyse et tri de l'information

Evaluation

Afin d'évaluer la maîtrise des compétences associées à cet enseignement, l'évaluation pourra être constituée de différents aspects :

- Analyse d'un article de presse et de la couverture (niveau 1ère)
- Interview d'un chercheur
- Rédaction d'une cartographie d'une controverse publique mettant en évidence les connaissances scientifiques actuelles, les différents acteurs et leurs positionnements (niveau Terminale)
- Tests de logique et d'analyse des arguments (sur le modèle des tests de *critical thinking* ou mis en œuvre actuellement à la DEPP)
- Identification d'arguments fallacieux dans un QCM ou texte
- Proposition et mise en œuvre d'une démarche scientifique pour résoudre un problème (dossier, production d'une vidéo ou ressource numérique)
- Construction d'une grille d'observation mutuelle et d'évaluation pour les activités de débat

Préconisations de mise en œuvre

- Co-animation possible par les enseignants de sciences
- Interventions possibles et encouragées des enseignants d'histoire-géographie, sciences économiques et sociales et philosophie
- Professeur documentaliste impliqué dans la progression annuelle
- Salle équipée d'ordinateurs et de paillasses pour les élèves
- Divers documents de synthèse de classe (voir annexes)
    - ➢ Différentes significations du mot "sciences" dans le langage courant
    - ➢ Echelle des preuves
    - ➢ Carte mentale (ou un tableau) « Comment évaluer la fiabilité d'une information ? » associée à un curseur de fiabilité

Accompagnement et formation des enseignants

Si des ressources d'activités existent déjà sur des sites de natures différentes (Eduscol, académiques disciplinaires, CLEMI, La Main à la pâte, réseau sceptique, en particulier le collectif Cortecs pour le 2nd degré, chaîne YouTube, *etc.*), il semble nécessaire de poursuivre une formation dynamique des enseignants comme cela a déjà été engagé dans différentes académies. Une centralisation ou, au moins, un inventaire des différentes propositions, est indispensable.

Compte-tenu des différentes expérimentations déjà menées, il semble qu'une formulation de type mixte (Moodle et présentiel) soit la forme la plus appropriée. La sensibilité de ces questions et l'importance de porter un discours cohérent rendent nécessaire le développement de réseaux d'enseignants impliqués au moins à l'échelle du bassin, et sans doute au niveau national afin de mutualiser les différentes productions et ressources. Une formation filée (15h en présentiel 3h de MOOC la première année puis 12h en présentiel et 6h de MOOC la seconde) devrait permettre une première sensibilisation visant à une mise en œuvre rapide ainsi qu'un retour critique et un accompagnement par la suite.

Il peut être pertinent de proposer à différentes échelles des référents de cet enseignement commun, rémunérés pour mission particulière (IMP).

Annexes

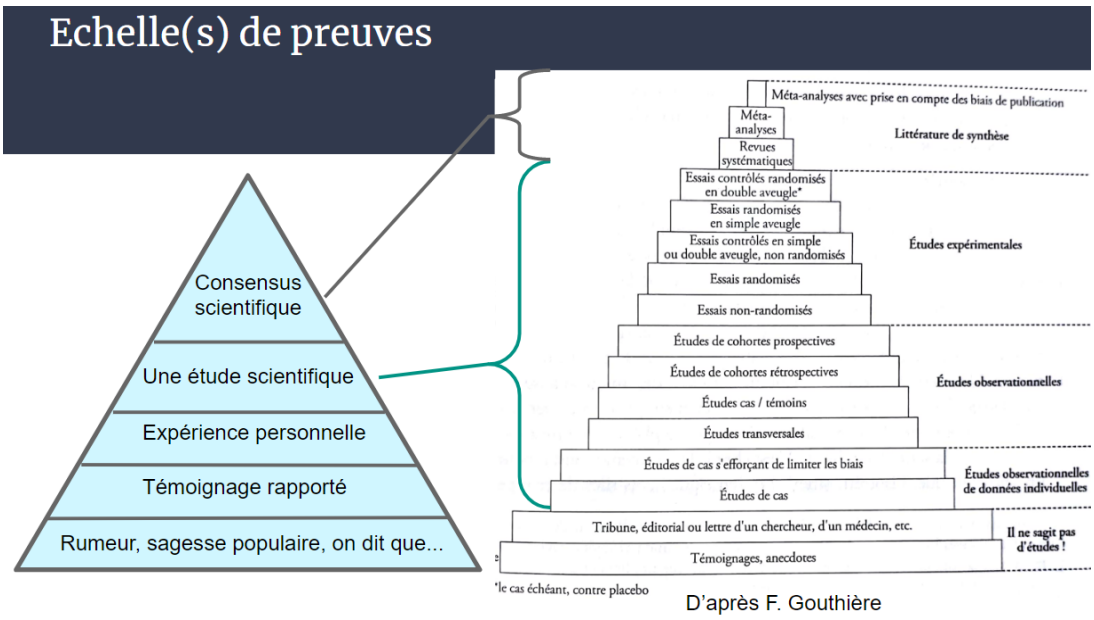
1. Significations du mot “science” dans le langage commun

Dans les discours sur la science, se croisent différents sens du terme, selon que la science est considérée via le prisme de ceux qui la font et de la communauté dont elle est issue, des intérêts techno-politique, de la somme de connaissances qui la constitue et qui est susceptible d’évoluer au cours du temps ainsi que de la démarche scientifique de construction de ces connaissances. Un des objectifs de l’enseignement scientifique peut être une identification par les élèves de ces différents sens et la construction d’une culture scientifique qui en éclaire les différents aspects.

On pourra afficher en classe une affiche de ce type :

2. Echelle des preuves

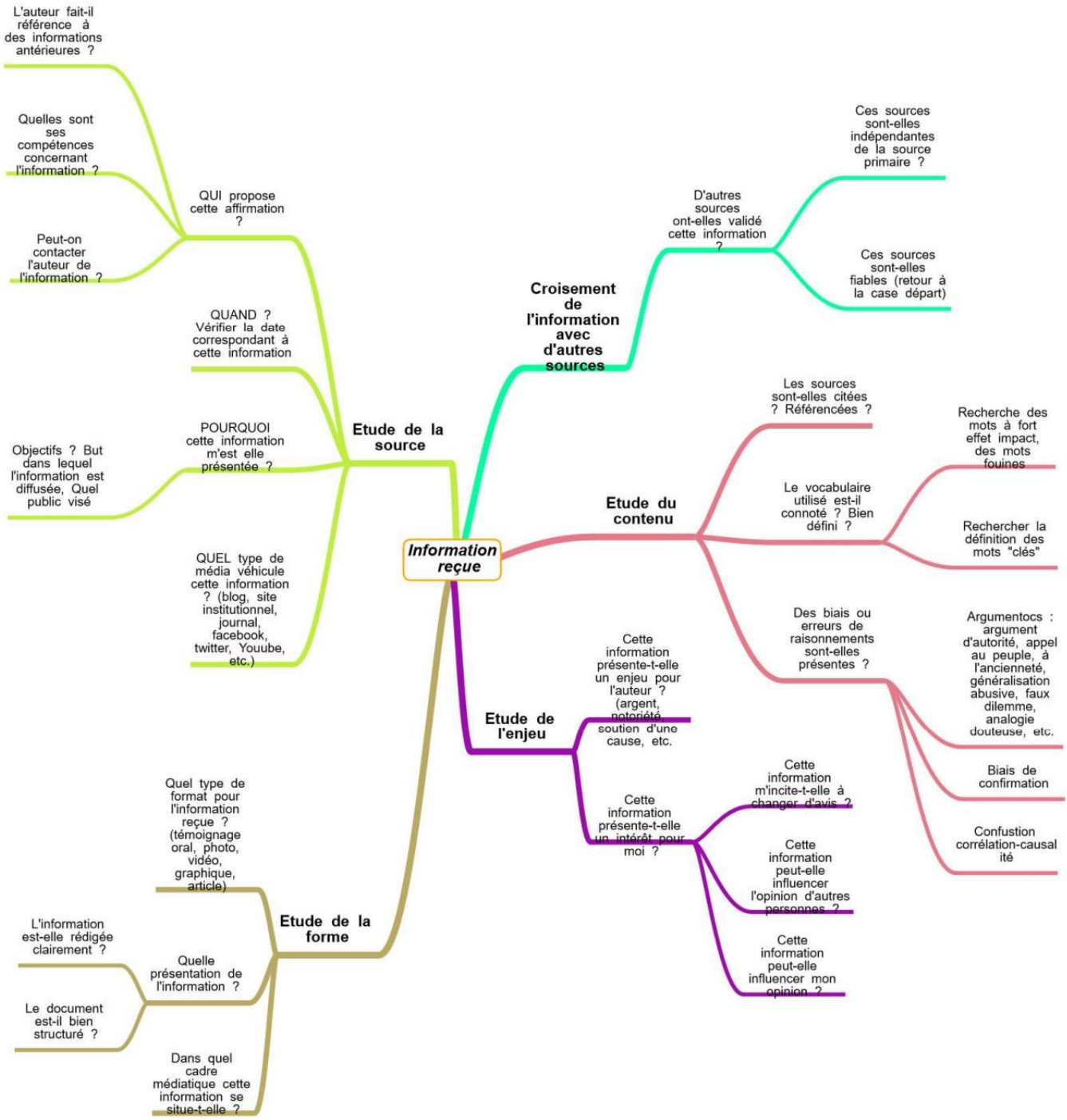
Cette échelle pourra être co-élaborée avec les élèves. Le degré de complexité atteint dépendra des exemples choisis.



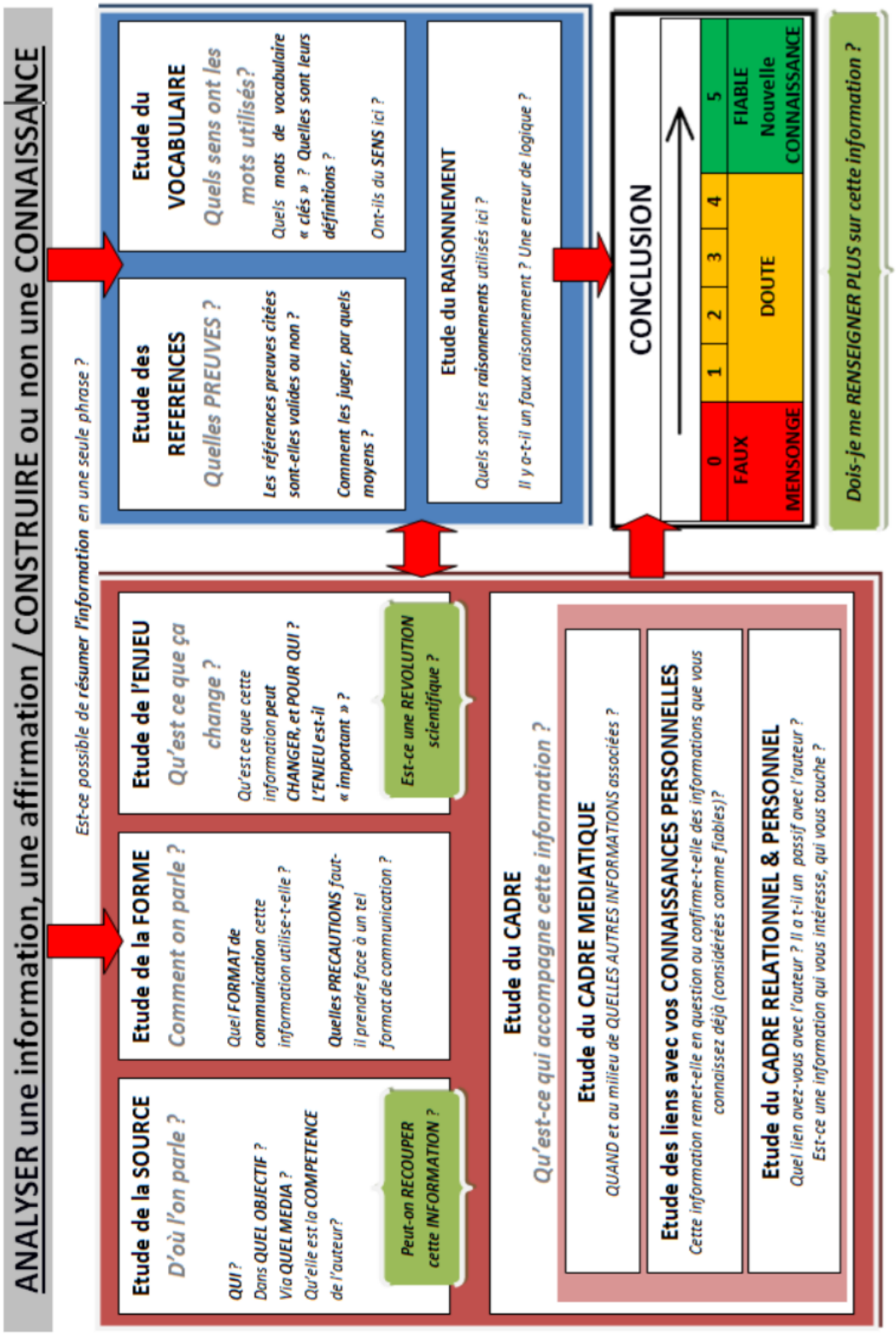
D’après F. Gouthière

3. Comment évaluer la fiabilité d'une information ?

Un exemple de carte mentale (par Denis Caroti)



Un exemple de tableau de synthèse (par Julien Machet) - Niveau collège



4. Progression et affichage didactique

Vitalité et enjeux de la recherche contemporaine

Séquence	Définition des sciences	Echelle de preuve	Evaluation de l'information
Séquence 1 : Prendre conscience des limites de nos sens	démarche élaboration des connaissances	Distinguer témoignage rapporté, expérience personnelle et mesure	Vérifier le fait
Séquence 1 bis : Interpréter une image	démarche	Distinguer expérience personnelle et mesures	Vérifier le fait
Séquence 2 : Représenter des données chiffrées	démarche	Utilisation des nombres Mesures et incertitudes	S'interroger sur l'intentionnalité de l'auteur (comparaison interprétation / données)
Séquence 3 : Comprendre les biais cognitifs	démarche scientifiques	X	Distinction entre fait, données et interprétation
Séquence 4 : Mettre en oeuvre une démarche expérimentale rigoureuse	démarche	Passage de la mesure au protocole expérimental	
Séquence 5 : Connaître quelques exemples de controverses scientifiques historiques	somme des connaissances démarche	Établissement d'un consensus scientifique	Comparer des sources d'information
Séquence 6 : Inscrire la construction des modèles scientifiques dans l'histoire des idées et des sociétés	scientifiques somme des connaissances	X	X
Séquence 7 : Analyse de quelques situations présentant une remise en question du consensus scientifique	somme des connaissances démarche	Distinction entre étude et consensus scientifique	Comparer des sources Evaluer un contenu
Séquence 7 bis : Identifier et déconstruire quelques théories du complot	somme des connaissances démarche	Utilisation de l'échelle de preuve	Evaluer la fiabilité d'une source Analyser les effets formels et argumentatifs
Séquence 8 : Identifier les spécificités médiatiques de la diffusion d'une information scientifique	somme des connaissances démarche scientifiques techno-politique	Distinction entre étude et consensus scientifique	Evaluer la fiabilité d'une source Analyser les effets formels et argumentatifs
Séquence 9 : Evaluer la fiabilité d'une information sur une "question vive"	techno-politique	Argument scientifique / non scientifique	Evaluer la fiabilité d'une source Estimer l'enjeu
Séquence 10 : Identifier et comprendre la validité d'un argument	démarche	X	Estimer la force d'un argument
Séquence 11 : Argumenter, problématiser et débattre rationnellement	connaissances techno-politique	Comparaison des niveaux de preuve en utilisation de l'échelle	X