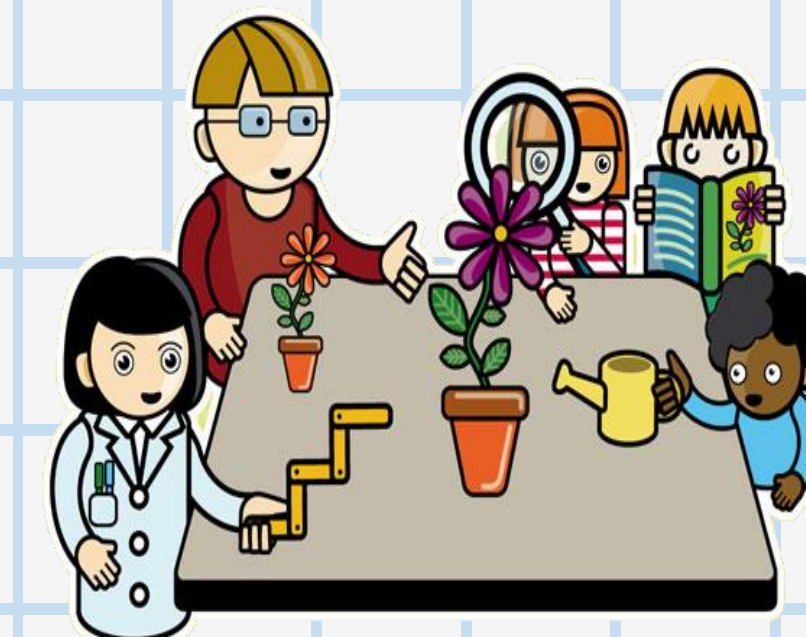


La Main à la Pâte



Promouvoir les sciences à l'école

La mission : Améliorer la qualité de l'enseignement de la science et de la technologie à l'école primaire et au collège.

Notre rôle : Mettre en œuvre une pédagogie d'investigation permettant de stimuler l'esprit scientifique des élèves.

Situation de départ
Questionnement et observations

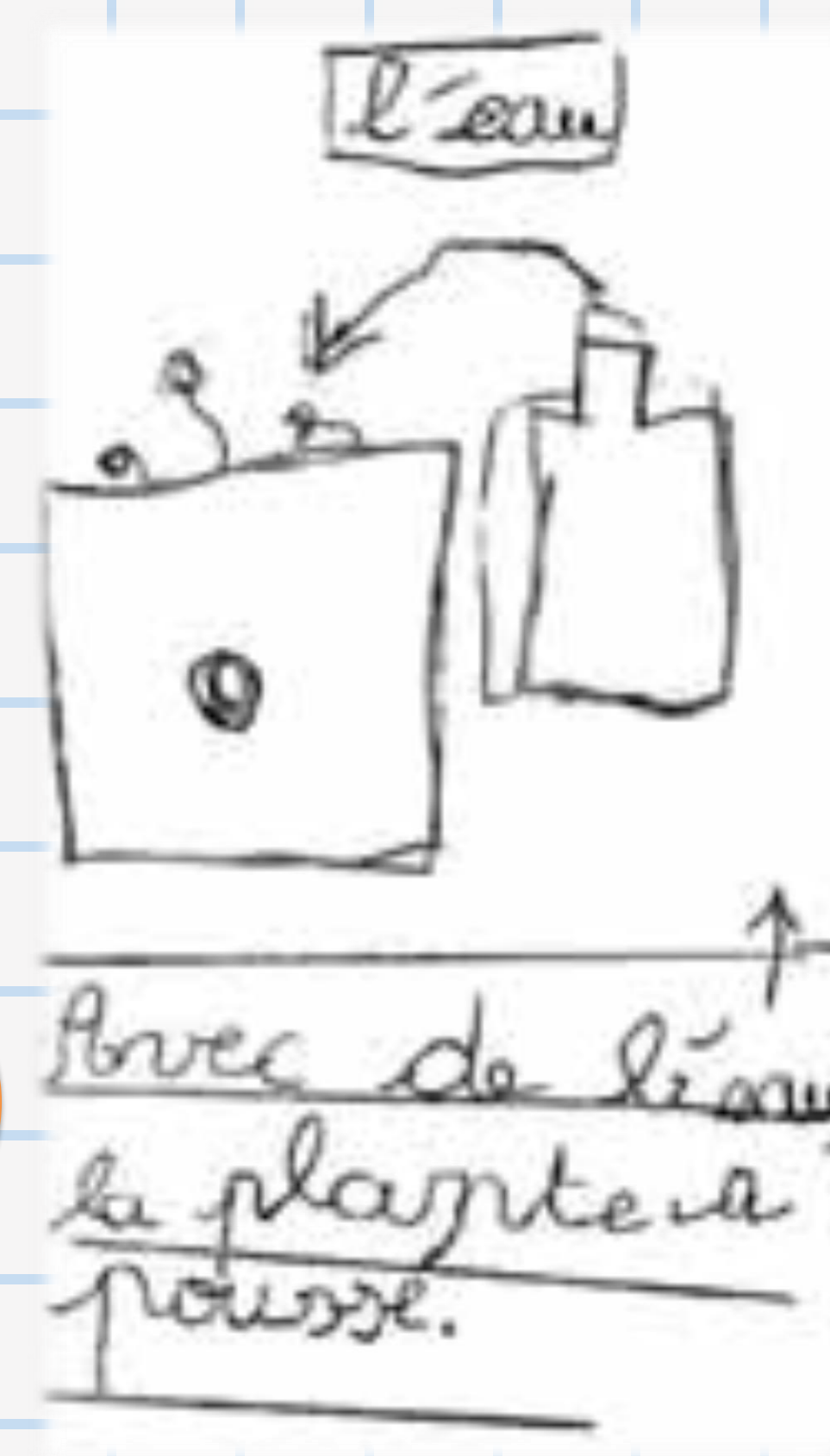
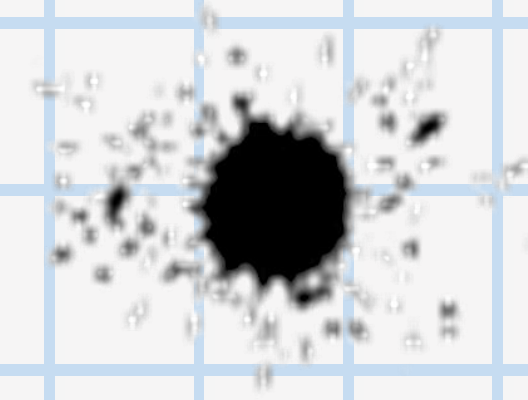


Problématisation
Hypothèses et protocoles expérimentaux

Investigation
Expérimentations, visites, observations et parfois modification des protocoles



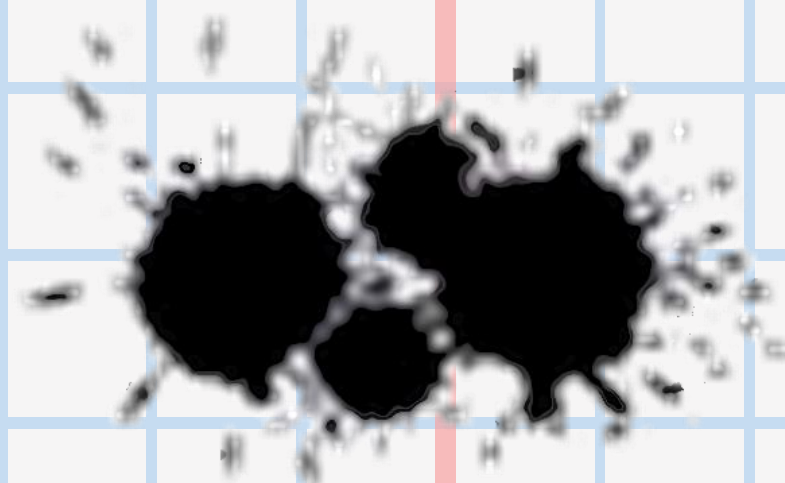
Structuration
Confrontation des idées, interprétation et conclusion



Thèmes abordés au cours de notre projet:

Les conditions de vie et de développement des plantes

Diversité et interactions dans le monde vivant



Cycle et filtration de l'eau

La germination

La Main à la Pâte

Qu'en est-il de l'éducation scientifique en France aujourd'hui ? Le constat est préoccupant : bien que les programmes scolaires mentionnent un enseignement scientifique obligatoire, trop peu d'établissements appliquent réellement ces directives.

Des programmes trop chargés, des enseignants peu formés aux sciences, des méthodes peu adaptées, autant de causes qui pourraient expliquer cette désaffection. Le désintérêt des écoliers pour les sciences ne cesse de s'accroître, ce qui à terme se traduit par un recul des inscriptions dans les filières scientifiques.

Depuis 1996, la fondation La Main à la Pâte à l'initiative de Georges Charpak soutenue par l'Académie des sciences, intervient dans les classes. Loin d'être une substitution à l'enseignant, les intervenants l'accompagnent dans la mise en place d'une démarche scientifique.

C'est en donnant aux enfants le goût des sciences que la tendance à la désaffection pourrait s'inverser. Dans cette optique, nous nous proposons d'intervenir à travers des méthodes ludiques mais rigoureuses pour initier les élèves aux sciences.

SOMMAIRE

I)	La Main à pâte : présentation	p.4
1)	Un peu d'histoire ... (Marion Semmer).....	p.4
2)	Une mission ambitieuse (Marine Zagdoun).....	p.4
II)	L'enseignement des sciences à l'école	p.7
1)	La perception des sciences à l'école et son évolution (Maud Doublet).....	p.7
2)	Les programmes officiels et les voies d'enseignement.....	p.9
2.1)	L'évolution de l'enseignement des sciences (Virginie D'Angelo).....	p.9
2.2)	L'enseignement des sciences aujourd'hui (Clémentine Franck).....	p.10
3)	Qu'est-ce que la démarche scientifique (Iness Bouzit).....	p.12
III)	La désaffection des filières scientifiques	p.13
1)	Les faits (Sandrine Regaldo).....	p.13
2)	Les causes	
2.1)	Partie 1 (Noémie Gallwa).....	p.15
2.2)	Partie 2 (Nicolas Peignet).....	p.16
3)	Les moyens pour y pallier (Eva Frot).....	p.18
IV)	Nos projets d'intervention	p.20
1)	La germination et la circulation de l'eau dans la plante.....	p.21
1.1)	La germination (Marine Zagdoun).....	p.21
1.2)	La circulation de l'eau dans la plante (Maud Doublet).....	p.21
2)	Les êtres vivants et leur environnement.....	p.22
2.1)	Qu'est-ce qui pousse ? (Noémie Gallwa).....	p.22
2.2)	Qu'est-ce qu'une graine ? (Noémie Gallwa).....	p.22
2.3)	Comment faire pousser une plante ? (Nicolas Peignet).....	p.22
2.4)	Qu'est-ce qui vit, qu'est-ce qui ne vit pas ? (Nicolas Peignet).....	p.22
3)	La germination, les conditions de vie et de développement des plantes.....	p.23
3.1)	Généralités sur la germination et rôle de l'accompagnant (Clémentine Franck).....	p.23
3.2)	Mise en place des séances d'intervention (Virginie D'angelo).....	p.23
4)	La germination, les conditions de la germination et de développement de la plante.....	p.25
4.1)	Les conditions de germination (Marion Semmer).....	p.26
4.2)	La diversité des graines et leurs rôles (Marion Semmer).....	p.26
4.3)	La croissance de la plante (Iness Bouzit).....	p.26
4.4)	La diversité des plantes (Iness Bouzit).....	p.27
5)	La filtration de l'eau.....	p.27
5.1)	Partie 1 (Sandrine Regaldo).....	p.27
5.2)	Partie 2 (Eva Frot).....	p.28

BIBLIOGRAPHIE

I) La main à la pâte : présentation

1) Un peu d'histoire ...

Grâce à l'initiative de George Charpak, accompagné d'Yves Quéré et Pierre Léna ainsi que du soutien de l'Académie des Sciences, le projet *La main à la pâte* a été voté et lancé en Juillet 1996⁽¹⁾. Ce projet commença avec 344 maîtres d'écoles volontaires répartis dans 5 départements différents.

En novembre 1997, fût décerné pour la première fois le prix⁽²⁾ de *La main à la pâte* permettant de distinguer les meilleures missions accomplies le long de l'année. Cette même année on a pu voir le nombre d'écoles volontaires pour participer à ce projet atteindre les 2000 classes réparties dans 48 départements.

En 1998, l'Académie des Sciences a déposé la marque et le logo⁽²⁾ *La main à la pâte* et grâce aux droits, la fondation a pu financer les remises de prix ayant lieu chaque année. Cette année-là a également vu naître un site Internet permettant de mettre en place des échanges et partages entre enseignants et scientifiques, et mettant gratuitement à disposition des modules qui permettent d'aider les enseignants dans leurs missions. De plus, c'est en 1998 qu'a eu lieu la première édition de l'Université d'Automne « Graine de Science »⁽³⁾. Cette démarche a permis de réunir scientifiques, enseignants et maîtres-ressources lors d'un séminaire afin de reproduire le plus possible les principes de *La main à la pâte* grâce à des ateliers d'échanges. C'est aussi en 1998 que l'ASTEP (Accompagnement en Science et Technologie à l'École Primaire), a commencé à se mettre en place et sera par la suite très lié avec *La main à la pâte*, ceci grâce à l'implication des scientifiques dans ce projet.

En 1999 a eu lieu une conférence nationale ayant comme intitulé : « A propos de La main à la pâte : les sciences et l'école primaire »⁽¹⁾. Cette conférence a permis au ministre de l'époque d'approuver les principes de *La main à la pâte* ainsi que les différentes actions entreprises.

C'est en juin 2000, que le ministre de l'Education nationale décide de la création d'un plan sur trois ans afin de rénover l'Enseignement des Sciences et de la Technologie à l'Ecole (le plan PRESTE)⁽²⁾.

L'an 2000 a également vu se créer un réseau de centres pilotes⁽⁴⁾ *La main à la pâte* avec l'aide du Comité Interministériel des Villes afin d'augmenter les échanges entre les différentes villes participant à *La main à la pâte*. Cette création de centres pilotes permet également de faire des réunions une fois par an avec les différents membres, afin d'enrichir les échanges.

C'est aussi cette année-là que débutent les projets thématiques se déroulant sur un an.

En 2004, a eu lieu un séminaire à Erice (Italie) ayant pour but de réunir des formateurs concernés par l'enseignement en science. (En 2011, ces réunions deviendront régulières et se nommeront « Rencontres Georges Charpak »⁽⁵⁾).

En 2006, l'Enseignement Intégré de Science et Technologie (EIST) ⁽⁶⁾ a vu le jour en tant qu'expérience, ce projet a pour but d'atténuer la rupture de pédagogie scientifique entre l'école primaire et le collège. *La main à la pâte* suit aussi cette année un projet européen dédié à l'éducation de la science, nommé « Pollen »⁽⁷⁾.

En 2009, l'EIST est un franc succès et ce projet est poursuivi par les collèges. De plus, le projet « Pollen » se termine cette année-là.

En 2012, *La main à la pâte* est désormais une fondation de coopération scientifique⁽⁸⁾ où l'Académie des Sciences, l'École Normale Supérieure de Paris et l'École Normale Supérieure de Lyon sont les co-fondateurs.

Cette année-là le projet des *Maisons pour la science au service des professeurs* ⁽⁸⁾ fût lancé afin de proposer aux enseignants des offres de développement professionnel ayant pour but de les aider à faire évoluer leurs pratiques d'enseignement. Quatre maisons prototypes ont alors ouvertes en Alsace, Auvergne, Lorraine et en Midi-Pyrénées.

2) Une mission ambitieuse

Quel avenir pour l'éducation scientifique en France ? En l'espace d'une dizaine d'années seulement, la proportion d'étudiants s'inscrivant dans des filières scientifiques a chuté de près de 40%⁽¹⁾ selon une étude du CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique). Les causes de ce phénomène sont diverses, mais on observe globalement un désintérêt de la part des étudiants pour les sciences au cours de cette dernière décennie. Plusieurs initiatives ont été prises pour tenter de pallier à cette situation.

2.1) Les débuts de La Main à la Pâte

Dans cette optique, l'opération La Main à la Pâte est née d'une réflexion menée à Treilles, en 1996, à l'initiative de Georges Charpak, par une quinzaine de scientifiques et de pédagogues. Soutenue par l'Académie des sciences et l'Education Nationale dans un projet expérimental d'intervention dans près de 350 classes de l'école primaire, La Main à la Pâte ne tardera pas à faire ses preuves⁽²⁾. En effet, les élèves de ces classes ont par la suite présenté une « soif d'apprendre », un « émerveillement » particulier pour la découverte du monde et une « participation passionnée ». Les interventions s'effectuent principalement dans les classes de maternelle, primaire et se poursuivent au collège avec l'EIST (Enseignement Intégré de Sciences et Technologie)⁽³⁾. En effet, une étude de la Commission Européenne⁽⁴⁾ montre que l'éveil scientifique dès le plus jeune âge contribue à former des étudiants avec une appétence marquée pour les sciences, puis des adultes avec une capacité de réflexion et d'innovation particulièrement développée. Aux Etats-Unis, un projet comparable, « Hands On », ce qu'on pourrait traduire par « La Main à la Pâte » a été mené au sein de quartiers défavorisés de Chicago dans des classes à l'école primaire et des résultats positifs similaires ont été observés⁽⁵⁾.

2.2) Intervenir dans les classes : apporter des connaissances et épauler les enseignants

On constate globalement des lacunes dans l'enseignement scientifique (excepté pour les mathématiques). En effet, de nombreux professeurs de l'école primaire sont avant tout formés à la pédagogie, et peu formés aux sciences. Quand bien même ils sont formés aux sciences, il n'est pas aisé de se tenir informé des avancements scientifiques étant donné le progrès constant⁽⁶⁾. La science se développe très rapidement, les nouvelles technologies évoluent, les méthodes changent, il faut donc les former aux sciences, mettre en place des outils pour les aider à s'adapter aux nouvelles méthodes et mettre à leur disposition le matériel nécessaire à l'investigation scientifique. L'opération La Main à la Pâte se propose de remplir ces missions. Dans ce but, des outils pédagogiques sont disponibles en ligne et dans les centres pilotes⁽⁷⁾, ainsi qu'un stock de matériel que les enseignants peuvent emprunter pour diverses manipulations⁽⁸⁾. Des étudiants et des professionnels de filières scientifiques s'engagent également à apporter leurs connaissances, et accompagner les enseignants qui participent au projet, selon le principe de vulgarisation scientifique dont Albert Jacquard⁽⁹⁾ est l'un des précepteurs. En effet, des projets comme le dispositif ASTEP (accompagnement en sciences et technologie à l'école primaire) sont destinés à associer scientifiques, industries et enseignement des sciences^{(10),(11)}.

2.3) Initier l'enfant à la démarche scientifique : lui apprendre à construire sa pensée

L'enfant observe, expérimente sur un sujet du monde réel. Au cours de l'investigation, les enfants raisonnent, argumentent et discutent leurs idées, construisent leurs connaissances à partir de déductions. Une continuité dans le travail établi est nécessaire pour que l'enfant puisse se rappeler des activités menées et des découvertes. Pour faciliter la recherche d'explications et la mémorisation des résultats, La Main à la Pâte préconise l'utilisation d'un cahier d'expériences⁽¹²⁾, dans lequel l'enfant peut écrire ses propres remarques et constater par la suite l'évolution de son savoir. En effet, après avoir mené des investigations scientifiques, il n'est pas rare que les enfants soient détrompés et que leur savoir initial ne soit que partiellement juste, ou totalement faux. Il est alors intéressant de regarder dans le cahier d'expériences les hypothèses initiales notées quelques semaines auparavant, pour constater leur progression et le changement de leur vision concernant un sujet donné. Cette méthode déductive est préconisée, plutôt que la mémorisation de faits donnés, sans réflexion préalable. En effet, il s'avère que les élèves mémorisent plus facilement à long terme leurs propres découvertes⁽¹³⁾.

2.4) Se familiariser avec les métiers de la science : une mise en commun des connaissances et un travail d'équipe

En demandant à des enfants de dessiner un scientifique, on se rend compte que leur vision du scientifique-type est la plupart du temps un homme, travaillant seul, dans un

laboratoire⁽¹⁴⁾. L'opération Main à la Pâte vise à combattre ces idées reçues et à montrer que la recherche scientifique est avant tout un travail d'équipe, permettant de nombreuses collaborations avec différents acteurs⁽¹⁵⁾. Une vision positive des métiers scientifiques va susciter le désir de l'enfant d'apprendre les sciences. En travaillant directement au contact d'étudiants en sciences par exemple, les préjugés sont très vite oubliés et les enfants découvrent ce qu'est réellement une attitude scientifique. La curiosité scientifique et ce désir de réfléchir par soi-même, d'innover, est nécessaire pour la compréhension de phénomènes environnementaux, médicaux, économiques, sociétaux... Autant de facteurs qui aideront l'enfant dans son futur parcours de citoyen⁽⁴⁾.

2.5) Elargir son action à un public diversifié

L'opération La Main à la Pâte prévoit d'intervenir également auprès d'enfants intellectuellement déficients. On constate que des élèves mutiques, autistes ou trisomiques gardent généralement le silence face à l'apprentissage⁽¹²⁾. Dans le cadre de La Main à la Pâte, des activités basées sur des supports simples leur sont proposées, et le plaisir de penser émerge, les élèves s'animent, prennent goût à la découverte scientifique et à la compréhension de phénomènes plus ou moins concrets⁽¹⁶⁾. Cela contribue également à la prise de confiance en soi.

Des campagnes ont aussi été organisées dans des milieux scolaires difficiles⁽¹²⁾, pour permettre à l'enfant de développer l'envie d'apprendre et de comprendre dès son plus jeune âge.

Dans une même optique de partage scientifique, La Main à la Pâte met en ligne des ressources disponibles pour dix pays engagés dans la rénovation de l'enseignement des sciences⁽²⁾. Des échanges internationaux s'organisent autour de thèmes communs à tous, comme, par exemple, l'éclipse survenue en 2006⁽¹⁷⁾.

Enfin, loin d'être une substitution à l'enseignement dispensé par l'instituteur, la Main à la Pâte vise avant tout à l'accompagner et l'incite à adopter une démarche semblable à celle d'un scientifique, afin d'offrir aux enfants toutes les chances de devenir les savants de demain.

II) L'enseignement des sciences à l'école

1) La perception des sciences chez l'élève et son évolution au cours de l'apprentissage

Tout au long de sa vie, l'homme va développer ses connaissances par un apprentissage. C'est ainsi qu'il apprend à parler, à écrire ... Cet apprentissage se fait grâce à la curiosité du jeune enfant par rapport au monde extérieur mais également par des interactions avec les personnes qui l'entourent. L'école reste un lieu privilégié d'apprentissage où la majorité des connaissances vont être transmises à l'enfant au cours de sa scolarité. C'est notamment le cas de l'apprentissage des sciences, qui fait partie intégrante du programme scolaire.

Cependant, il se heurte à plusieurs obstacles et doit donc s'adapter à l'âge de l'enfant, à ses difficultés (comme le temps de compréhension, sa concentration...) ainsi qu'aux connaissances ou aux ébauches de connaissances scientifiques partiellement ou totalement erronées qui pourraient freiner l'apprentissage des sciences. On observe alors une évolution des connaissances scientifiques et de la perception au cours de la scolarité de l'enfant. Comment prendre en compte cela dans la transmission des connaissances ?

1.1) La curiosité de l'enfant

Le constat est le même chez les jeunes enfants : ils sont naturellement très curieux et font preuve d'une grande motivation. Cela a été observé notamment par une expérience évaluant la curiosité des sciences chez l'enfant à l'Université de Bielefeld en Allemagne : des groupes d'enfants de 6 à 7 ans et de 7 à 8 ans ont été placés dans une salle en présence d'un stand de manipulations chimiques et d'un stand composé de jeux, boissons, livres, télévision... Le temps que chacun passe à chaque stand est mesuré. D'après les résultats, on observe que pour les deux groupes, l'enfant va passer plus de temps au stand d'expériences scientifiques ce qui témoigne d'un intérêt plus grand pour cela. Cette curiosité scientifique est présente chez tous les enfants et de façon importante. Cependant, Georges Charpak explique que cette curiosité décroît lorsque l'enfant grandit et qu'il est généralement trop tard lors de l'enseignement scientifique au collège⁽¹⁾. Ainsi l'objectif du personnel éducatif est de nourrir cet appétit pour les sciences chez l'enfant : c'est « l'âge d'or de la curiosité » C'est en effet à ce moment que l'on peut développer un intérêt et une motivation pour les sciences qui perdurera au cours de sa vie et de ses études.⁽²⁾

1.2) Les étapes du développement cognitif

L'enfant traverse différentes étapes lors de sa croissance. Son développement cognitif est relié au développement de son cerveau. C'est grâce à la plasticité du cerveau que l'apprentissage va être permis. Ainsi, le fonctionnement et l'organisation du cerveau vont évoluer par les expériences de la vie. ⁽⁵⁾ Nous pouvons différencier plusieurs stades : entre 0 et 2 ans, entre 2 et 6 ans, entre 6 et 12 ans et enfin entre 12 et 14 ans. Notre projet se dirige

vers les élèves de maternelle et de primaire, ainsi, on considèrera seulement les tranches d'âge entre 2 et 6 ans et 6 et 12 ans.

1.2.1) L'enfant de 2 à 6 ans

Tout d'abord, un enfant commence sa scolarité à l'âge de 2 ou 3 ans. De 2 à 6 ans, on observe une première phase de développement de l'enfant : c'est « l'âge préscolaire ». Bien que l'on observe des changements physiques et moteurs importants, on observe également des modifications du cerveau et du système nerveux. En effet, les neurones de l'hippocampe, petite région du cerveau responsable de la mémoire à court terme et à long terme, se développent et se myélinisent. Cela entraîne la maturation de cette région responsable alors de l'amplification de la mémoire ⁽³⁾. Introduire les sciences à cet âge va donc favoriser la mémorisation et donc l'apprentissage au cours de la vie de l'enfant.

Selon la théorie piagétienne, cet âge correspond au « stade préopératoire »⁽⁴⁾. A ce stade, le sens logique n'est pas encore développé. Parallèlement, se développe le langage, l'imitation, le dessin. Ainsi c'est par l'utilisation de ces différents supports que l'enseignement peut réussir à faire assimiler des notions à l'enfant. D'autre part, des liens se forment entre les objets et ce que les objets représentent ou comment ils sont représentés. L'apprentissage doit donc tenir compte de ces étapes cognitives.

1.2.2) L'enfant de 6 à 12 ans

Puis vient « le stade opératoire » entre 6 et 12 ans⁽⁴⁾, période durant laquelle les capacités cognitives de l'enfant évoluent. En effet ce sont des évolutions du cerveau qui vont permettre de développer certaines capacités comme la dextérité, la logique, l'attention sélective... C'est surtout l'augmentation de synapses qui vont donc multiplier les relations entre les neurones et améliorer les réponses nerveuses.⁽³⁾ De plus, des régions du cerveau comme les régions corticales se développent. Elles sont notamment responsables du sens logique et de la planification chez l'enfant. C'est donc à partir de ces étapes de développement que le programme scolaire est articulé et que les enseignants transmettent les connaissances.

1.2) La singularité de l'enfant

Cependant, il ne faut pas oublier que chaque enfant évolue indépendamment. Sa vitesse de développement cérébral, son contexte familial, son éducation rend chaque élève unique. C'est en effet grâce à sa curiosité, aux interactions orales, mais également aux informations dans des documents que l'enfant va se faire une représentation scientifique, qui parfois, peut s'avérer fautive ou incomplète.⁽⁶⁾ D'après André GIORDAN, une représentation est « un modèle explicatif organisé, simple, logique, qui peut être utilisé dans une situation donnée pour poser ou résoudre un problème. » Or chaque enfant a une représentation différente.⁽⁶⁾

De plus, au stade préopératoire, selon Jean Piaget, l'enfant est égocentrique.⁽⁴⁾ C'est-à-dire qu'il ne considère les choses que de son point de vue et il est difficile de lui faire changer d'avis. L'enseignement scientifique doit permettre à chaque enfant de remplacer

ses représentations par une information scientifique vraie et rigoureuse. Dès lors sa perception des sciences et de l'objet d'étude considéré va être modifiée.

2) Les programmes officiels et les voies d'enseignement

2.1) L'évolution de l'enseignement des sciences

2.1.1) Quelques dates clefs

L'enseignement des sciences à l'école primaire est mis en place dès le début de la 3^{ème} République (1870-1940). Avant cela, l'éducation des enfants à l'école primaire visait à ce que les jeunes sachent lire, écrire et compter. Cette éducation concernait surtout les jeunes nobles ou bourgeois récemment anoblis.

C'est en 1860 que les sciences font leur apparition à travers des ouvrages scientifiques présents dans des bibliothèques à l'école primaire, cependant celles-ci restent facultatives au sein de l'éducation. C'est en 1882 que l'instruction des sciences devient obligatoire par la loi Ferry : cela vise à ce que les enfants à l'école primaire développent une « attitude scientifique ». Les sciences apparaissent dans le tiers-temps pédagogique (créé en 1969) regroupant histoire, géographie et sciences ou discipline d'éveil. Plus tard, la dénomination des sciences change, la biologie, la physique et la technologie font ainsi partie des sciences expérimentales. La physique et la chimie sont liées.

Malheureusement, les sciences vont reperdre en importance et redevenir plutôt secondaires. C'est seulement en 1985 que l'enseignement des sciences expérimentales réapparaît. En 1996 débarque l'opération « La main à la pâte » : cette mission a pour but de relancer l'enseignement scientifique au sein de l'école primaire⁽¹⁾.

2.1.2) L'enseignement des sciences

Les sciences sont « des méthodes scientifiques et des valeurs scientifiques qui permettent de comprendre et d'expliquer le monde et ses phénomènes de la manière la plus élémentaire possible c'est-à-dire de produire des connaissances se rapprochant le plus possible des faits observables. » d'après⁽²⁾.

L'institution des sciences à l'école primaire vise à :

- instruire les jeunes enfants pour devenir les « élites de la nation » ou contribuer à la formation de tous.
- Former un bon citoyen capable d'analyse, de réflexion et de logique ou bien d'adapter le citoyen à une société industrialisée⁽³⁾.

Divers outils sont employés afin d'enseigner les sciences, en particulier la démarche d'investigation : fondement essentiel dans l'enseignement des sciences.

Cependant, il existe un décalage entre l'enseignement des sciences et la possibilité d'enseignement des sciences.

En effet, malgré un programme d'enseignement précis, il est difficile de le faire appliquer. On rencontre différents problèmes :

- un décalage entre l'établissement du tiers-temps pédagogique (1869) et l'établissement des instructions officielles (1978)
- un manque de temps : même si l'enseignement des sciences à l'école primaire est alors obligatoire, le temps consacré à cela est très limité voir quasi inexistant dans les emplois du temps. Certains professeurs considèrent que le temps consacré aux sciences est perdu et qu'il est plus important de consacrer du temps aux valeurs de l'enseignement (écriture, lecture) ⁽³⁾.

Un plan de rénovation de l'enseignement des sciences à été mis en place afin d'instaurer convenablement et efficacement cet enseignement dans les classes. Il a pour objectif d'imposer l'enseignement des sciences et technologies dans les classes avec un taux d'horaires imposé et d'inciter les élèves à s'interroger, agissant de manière raisonnée. Un accompagnement existe à plusieurs niveaux (régional, départemental, académique).

Les programmes des sciences et technologies visent à ce que l'élève maîtrise le monde qui l'entoure et comprenne la distinction entre le rationnel et l'irrationnel. A la fin de la scolarité, tous les élèves doivent avoir une idée cohérente sur leur environnement, sur leur milieu de vie. Ils doivent être capables de réfléchir par eux-mêmes, de raisonner correctement et d'employer toutes les techniques qui leur ont été enseignées (calcul, dessin ...). A la fin de leur scolarité, ils doivent acquérir un esprit critique. L'enseignement des sciences permet d'introduire chaque individu dans la société qui nous entoure de façon à ce que chacun puisse maîtriser, comprendre le monde dans lequel il évolue⁽⁴⁾.

2.2) L'enseignement des sciences aujourd'hui :

2.2.1) Les programmes :

2.2.1.1) Au cycle 1 (maternelle) :

Tous les enseignements scientifiques à l'école maternelle sont rassemblés sous l'appellation : « Découvrir le monde »⁽¹⁾. En effet il s'agit plus d'un éveil à la science que d'un réel enseignement. L'enfant est ainsi initié aux sciences fondamentales (physique, biologie, mathématiques, géométrie) :

- Découvrir les objets
- Découvrir la matière
- Découvrir le vivant
- Découvrir les formes et les grandeurs
- Approcher les quantités et les nombres
- Se repérer dans le temps

- Se repérer dans l'espace

2.2.1.2) Au cycle 2 (CP – CE1) = cycle des apprentissages fondamentaux :

Le programme de cycle 2 est en continuité avec celui du cycle 1 (découverte du monde) et reste une initiation aux grandes thématiques scientifiques⁽²⁾. Les enseignants doivent travailler sur deux problématiques :

- Se repérer dans l'espace et le temps
- Découvrir le monde du vivant, de la matière et des objets

2.2.1.3) Au cycle 3 (CE2 – CM1 – CM2) = cycle des approfondissements :

Comme son nom l'indique, ce cycle permet d'approfondir et de développer les notions introduites aux cycles précédents et est nettement plus important au niveau du volume de connaissances⁽³⁾ :

- Le ciel et la Terre
- La matière
- L'énergie
- L'unité et la diversité du vivant
- Le fonctionnement du vivant
- Le fonctionnement du corps humain et la santé
- Les êtres vivants dans leur environnement
- Les objets techniques

Les enseignants doivent donc remplir des programmes chargés en peu de temps (78 heures annuelles de sciences et technologies contre 288 heures de français et 180 heures de mathématiques⁽⁴⁾) :

2.2.2) Les voies vers un bon enseignement des sciences :

Comme préconisé par La Main à la Pâte, l'enseignement des sciences à l'école doit reposer sur la démarche d'investigation⁽⁵⁾. C'est en s'interrogeant, en réfléchissant à des protocoles et en les expérimentant que l'enfant construit un socle de connaissances et son système de réflexion.

Cette démarche expérimentale ne pourra être placée au centre de l'enseignement scientifique qu'avec une meilleure formation initiale des enseignants (actuellement, les instituteurs en école primaire sont très majoritairement issus de filières littéraires) et un allègement des programmes⁽⁶⁾. En effet, beaucoup d'enseignants ne peuvent venir à bout des programmes, d'une part car ils sont trop chargés et d'autre part car les instituteurs ne se sentent pas capables d'enseigner des notions qui pour certains remontent à leur propre cursus primaire ou secondaire. Pourtant, de nombreuses ressources pédagogiques sont

mises à leur disposition par l'Éducation Nationale⁽⁷⁾, l'Académie des Sciences⁽⁸⁾, ou La Main à la Pâte⁽⁹⁾. Ces ressources comprennent des propositions d'activités de classe, des documents pédagogiques, des documents concernant l'histoire des sciences ou encore des projets thématiques.

2.2.3) L'état de l'enseignement des sciences au cycle 3 en France :

Au niveau international, le rapport PISA 2000 a montré que la France n'avait qu'un niveau moyen en sciences, ce qui indique une certaine faiblesse du système scolaire en la matière⁽¹⁰⁾. C'est pourquoi La Main à la Pâte propose un plan de rénovation de l'enseignement des sciences⁽¹¹⁾.

3) Qu'est ce que la démarche scientifique ?

3.1) Définition générale de la démarche scientifique

La démarche scientifique n'a pas de réelle définition universelle mais on peut tenter de la déterminer comme une méthode d'investigation permettant de comprendre le réel.

Les étapes de cette démarche vont dépendre en partie du problème posé (en particulier à propos du thème abordé), du matériel à disposition, mais surtout du point de départ du questionnement. Néanmoins, on observe une certaine unité dans ses étapes, quel que soit le type de recherche, on peut résumer la démarche scientifique par :

- l'identification du problème
- la formulation d'une ou plusieurs hypothèses
- l'observation (ou protocole et expérimentation)
- l'interprétation des résultats
- la conclusion

Ce schéma peut se répéter jusqu'à ce que la conclusion aboutisse à la validation d'une hypothèse.⁽¹⁾

Les principales approches de cette méthode sont soit inductives soit déductives.

L'approche inductive aussi appelée O.H.E.R.I.C. (Observation, Hypothèses, Expériences, Résultats, Interprétation, Conclusion) part de faits pour obtenir une notion plus générale, alors que l'approche déductive a pour point de départ une notion générale qu'elle applique à un cas particulier pour ensuite tester les limites de cette généralité.⁽²⁾

3.2) Mise en œuvre de la démarche scientifique à l'école

Il est attendu de la part de l'élève d'être capable d'appliquer une démarche scientifique à tout problème posé, c'est pourquoi, il est important de lui apprendre à l'utiliser dès l'école primaire.⁽³⁾

Dans cette optique, La main à la pâte tente de promouvoir la démarche scientifique.⁽⁴⁾

Pour la communauté éducative scientifique européenne, la manière la plus efficace d'enseigner les sciences à l'école est de s'appuyer sur une méthode d'investigation.

Les deux approches peuvent être utilisées, mais l'approche inductive prédomine dans l'enseignement de la biologie et de la technologie, on parle d'Enseignement des sciences basé sur la démarche d'investigation (I.B.S.E). Elle permet à l'élève d'étoffer ses connaissances grâce à des observations, des expérimentations et des raisonnements sous le suivi du professeur. ⁽⁵⁾

De plus, cette démarche permet d'inculquer à l'enfant des valeurs fondamentales telles que l'importance du travail en groupe et la confiance en soi.

Les différents plans de l'éducation nationale à propos des sciences à l'école montrent l'importance accordée à l'expérimentation directe des élèves. ⁽⁶⁾

Néanmoins, on observe que parfois l'étape d'expérimentation se résume à une simple application d'un protocole donné par le professeur et sur lequel l'élève n'a pas eu à réfléchir, cela ne permet donc pas à l'élève de conduire de lui-même une démarche scientifique. ⁽⁷⁾

III) La désaffection des filières scientifiques.

1) La désaffection des filières scientifiques : Les faits

1.1) Les observations au niveau de l'enseignement secondaire

Depuis 15 ans, on observe une désaffection des filières scientifiques en France et plus généralement en Europe. En effet, malgré le fait que le nombre de bacheliers ait augmenté (479494 bacheliers en France métropolitaine en 1995 contre 484176 en 2001) ⁽¹⁾, le nombre de bacheliers dans les filières scientifiques (filières S et STI) a quant à lui baissé (170984 en 1995 contre 158260 en 2001) ⁽¹⁾. Toutefois, cette diminution est à relativiser dans la mesure où elle reste assez faible et est toujours soumise à des fluctuations en fonction des années.

De plus, il est important de signaler que l'enseignement français a subi de nombreuses réorganisations comme notamment l'apparition des baccalauréats technologiques dans les années 80 et professionnels dans les années 90 ⁽²⁾, ce qui a eu pour conséquence une redistribution des bacheliers dans les différentes filières. On observe en effet une forte progression du baccalauréat professionnel entre les années 1995 et 2000 mais elle a surtout permis l'augmentation du nombre de bacheliers total sans pour autant avoir des effets défavorables sur les filières scientifiques et technologiques : le nombre de bacheliers scientifiques a certes baissé légèrement suite à son apparition mais il reste plutôt stable à partir des années 2000 et a connu une baisse d'effectifs moindre, comparé aux autres filières générales⁽³⁾.

D'autres réformes ont profondément modifié l'enseignement secondaire et sont susceptibles d'avoir eu un impact sur l'attractivité des filières scientifiques : La « Rénovation pédagogique ⁽³⁾» (1995) dont l'un des objectifs était notamment de supprimer la suprématie de la filière scientifique et d'empêcher la disparition de la filière littéraire (alors que les meilleurs étudiants semblaient se tourner majoritairement vers la filière C ⁽⁴⁾) ou encore la « Réforme des lycées ⁽³⁾» (2003).

Mais malgré ces réformes, le baccalauréat scientifique reste le baccalauréat le plus attractif (il correspond à près de 50% des baccalauréats généraux des années 90 jusque dans les années 2000⁽³⁾) : on ne peut donc pas parler de véritable désaffection des filières scientifiques au niveau de l'enseignement secondaire.

1.2) Les observations au niveau de l'enseignement supérieur

Si la désaffection des filières scientifiques n'atteint que très légèrement l'enseignement secondaire, elle est pourtant réelle et semble affecter plus particulièrement l'enseignement supérieur.

Effectivement, entre 1995 et 2000, on observe une augmentation de la proportion d'étudiants suivant des formations non scientifiques : de 20,7 cette proportion est passée à 27,6⁽²⁾ alors que jusqu'en 1995 les effectifs étudiants ne cessaient d'augmenter pour les formations scientifiques. Toutefois, toutes les formations scientifiques ne sont pas touchées par la baisse des effectifs : l'université est l'unique établissement touché. C'est pourquoi il est possible d'observer une hausse de la proportion des affectations post-bac vers les IUT et vers les STS (Sections de Technicien Supérieur), ainsi qu'une stabilité dans la demande d'affectation en CPGE malgré cette baisse générale et importante. Les étudiants cherchaient donc avant tout l'encadrement, qui semble limité voire inexistant en université (avec ses amphithéâtres surchargés et ses perspectives d'avenir parfois peu claires⁽³⁾) d'après l'image que les médias renvoient d'elle. Ils choisiraient donc des établissements plus sélectifs afin de poursuivre leurs études. La diminution des effectifs à l'université serait donc à mettre en relation avec un certain manque d'attractivité.

De plus, la diminution d'affectations à l'université n'est pas homogène et concerne uniquement certains domaines scientifiques : pour le premier cycle, les effectifs étudiants en Physique-Chimie et Sciences de la Vie et de la Terre semblent être les plus touchés⁽⁵⁾ par la baisse alors que pour le deuxième cycle, ce sont les effectifs en Mathématiques et Physique-Chimie⁽³⁾. A contrario, il est possible d'observer une légère augmentation des effectifs étudiants universitaires en Sciences de l'Ingénieur : les nouveaux bacheliers quitteraient donc les filières scientifiques générales pour se concentrer vers des filières plus appliquées.

Ainsi, la désaffection scientifique est bien réelle mais concerne principalement l'enseignement supérieur (elle est négligeable pour l'enseignement secondaire). Mais quelles sont les causes réelles de cette désaffection et ses conséquences éventuelles? Comment l'arrêter ?

2) Les causes de la désaffectation des filières scientifiques

2.1) Partie 1

2.1.1) Les changements du baccalauréat

En 1995 il y a eu la mise en place des nouveaux baccalauréats, ce qui a modifié la composition des classes. Il y a eu une augmentation du pourcentage de filles, des élèves d'origine plus modeste et surtout il y a eu une diminution de la sélection. Cela entraîne une modification de l'orientation post bac. Les étudiants souhaitent des structures post bac plus similaires au lycée avec un bon encadrement, de petits effectifs⁽¹⁾. Il y a donc une augmentation des demandes d'inscription pour les filières sélectives telles que les classes préparatoires, les BTS et IUT. Ceux qui sont à l'université représentent les échecs d'admissions des filières sélectives, un sur deux est là car il n'a pas eu son premier choix⁽²⁾. Cela fait que les élèves sont moins motivés. De plus ils sont moins aptes à suivre des études essentiellement théoriques, il y a une mauvaise répartition des élèves en fonctions de leurs capacités : ceux qui sont plus aptes à suivre des études théoriques sont dans des filières sélectives et non à l'université⁽²⁾.

2.1.2) Contournement du premier cycle universitaire

L'université est réputée pour ses études longues et difficiles, on observe une diminution de l'inscription au premier cycle universitaire mais pas au second. Cela peut s'expliquer par une augmentation d'étudiants qui s'inscrivent en IUT pour contourner la sélection de l'université lors du passage du premier au second cycle⁽²⁾.

2.1.3) Dégradation de l'image des sciences et des scientifiques

L'image de la science et des scientifiques était bonne jusqu'au milieu du 20ème siècle⁽³⁾, les scientifiques étaient vus comme des personnes qui faisaient « avancer le monde »⁽¹⁾. Après l'image s'est dégradée car les limites du progrès sont apparues⁽³⁾ et car les médias, en essayant de simplifier la science, la caricaturent.

Il existe aussi un manque d'informations quant aux débouchés, les étudiants cherchent des études professionnalisantes comme les CPGE, IUT et BTS⁽¹⁾. Ils pensent que les débouchés après l'université sont plus restreints et que le style de vie est plus contraignant⁽³⁾.

2.1.4) Une désaffectation des sciences plus spécifique aux filles

Avant 2002 on pouvait observer qu'il y avait plus de filles que de garçons qui s'inscrivaient pour la première fois en premier cycle universitaire, cependant la tendance a changé⁽³⁾. Il semblerait donc que la désaffectation des sciences touche plus les filles que les garçons. Cela peut être dû au fait que les parents issus de cursus scientifiques sont plus stricts sur le choix des options en seconde de leurs fils que de leurs filles⁽³⁾. Il est aussi à noter qu'une fille aura une réorientation vue à la baisse lors d'un échec⁽³⁾ (comme un redoublement).

De plus on peut noter une différence de motivation quant à leur avenir professionnel. Les garçons vont plus regarder le côté rémunérateur et le prestige des métiers. Alors que les filles vont trouver compliqué de mener leur vie professionnelle et familiale⁽³⁾ en occupant des postes de chercheur ou d'ingénieur. Les filles ont un manque de confiance en elles qui les poussent à faire de moins grandes études ou des études réputées difficiles⁽²⁾.

2.2) Partie 2

Afin d'appréhender la complexité de notre société technologique, il est légitime de penser que tous les élèves auraient besoin d'une formation scientifique. La science serait ainsi un bien commun et non pas considérée seulement comme accessible à une petite élite. Or, force est de constater que les cours de sciences ont perdu une certaine attractivité générale. Nous discuterons dans cette partie d'une part des causes qui expliquent la désaffection des études et des métiers des filières scientifiques.

2.2.1) Image sociale que renvoie la profession de « scientifique »

Tout d'abord, le statut du scientifique dans la société a évolué au fil des années et est passé de « principal vecteur de progrès à celui de cause de risque sanitaires, de destruction massive et de dégradation de l'environnement »⁽¹⁾.

De plus, l'ensemble des professions liées à la filière scientifique est victime d'un certain « Négativisme médiatique ». Ce dernier ne favorise pas l'image du scientifique citée ci-dessus et ne fait pas l'éloge des sciences en général. Cela peut-être dû au fait que les journalistes n'ont pas ou peu de formation scientifique et « résumant [souvent] le sujet d'un article à un montant financier »⁽²⁾.

Aussi, l'intérêt des jeunes porté à une discipline va être conditionné par les idées faites sur les perspectives de carrière (tentation de suivre des disciplines plus à la mode dans l'enseignement supérieur et la société (communication, psychologie, commerce, finance, sport)). Ce sont des filières considérées comme moins exigeantes et pourtant qui semblent pour les jeunes plus prometteuses en termes de carrière et salaire⁽³⁾.

Notons en effet que la plupart des jeunes ignorent la multitude et la diversité des professions liées aux diplômes obtenus par le biais des filières scientifiques.

2.2.2) L'intérêt pour les sciences : l'enfant et l'étudiant

D'autre part, intéressons-nous aux études qui permettent d'accéder aux métiers de la filière scientifique. Nombre de rapports indiquent que les formations courtes (IUT, BTS,...) ne souffrent pas de désaffection, les effectifs y sont en progression. Ce sont les filières universitaires qui sont victimes de la désaffection pour les raisons évoqués dans la partie 2.2.1)⁽⁴⁾

Plus tôt dans les cycles primaires l'intérêt des sciences n'est pas toujours apporté correctement : les contenus des programmes sont parfois inintéressants et la manière d'enseigner est en lien direct avec l'intérêt porté aux sciences par les jeunes⁽⁵⁾. Des études montrent que la motivation des élèves est d'autant plus importante que le contact des sciences se fait tôt dans le cursus scolaire. Enfin les jeunes ont besoin de faire le lien entre la discipline étudiée et le monde extérieur⁽⁶⁾.

Sur ce point, des rapports nationaux et internationaux ont fait part de nombreuses remarques sur des difficultés de "sens" de la part des jeunes enfants : mauvaise capacité de raisonnement ou d'imagination, concentration et mémoire limitées dans le temps.

Les auteurs de ces études ont souvent observé que malgré l'apprentissage des sciences, le raisonnement scientifique se met en place difficilement chez les élèves. Comme vu précédemment, il existe aujourd'hui une perte de sens de ce qui est appris⁽⁷⁾.

2.2.3) Des formations des maîtres incomplètes ou des méthodes pédagogiques non-raisonnées

En lien avec ce constat nous pouvons constater que les enseignants des écoles primaires ne se sentent pas bien formés dans certains sujets scientifiques et ne se hasardent pas à les exposer à leurs élèves car ils ne pensent pas avoir de connaissances suffisantes pour les enseigner. De ce fait les enseignants participent activement au choix des études de leurs étudiants et cela influe sur la qualité de la motivation de l'élève et sa confiance dans les matières scientifiques⁽⁸⁾.

Plus grave, les jeunes sont parfois rapidement catalogués mauvais en maths ou inaptes au raisonnement scientifique et ne se sentent plus capables d'obtenir de bons résultats ou même de comprendre le cours. Ils perdent alors confiance en eux dans ces matières et finissent par s'en détourner⁽⁶⁾.

2.2.4) Synthèse

En résumé l'étudiant choisit sa filière selon 4 critères de choix : l'image sociale des professions associées à la filière, le coût des études en termes de décharge de travail, de pénibilité, ainsi que de la probabilité d'obtenir un diplôme et un travail, la rentabilité personnelle (facilité d'embauche, niveau du salaire), le sens que le jeune peut accorder aux matières proposées au cours du cursus scolaire.

L'enseignement dans les filières scientifiques semble n'obtenir ainsi qu'un rang peu élevé dans les « classements » des étudiants compte-tenu de ces critères.

Afin de pallier à cela, des mesures sont peu à peu mises en place pour éveiller le sens que le jeune peut accorder aux matières scientifiques par exemple, dernier point des critères de choix de l'étudiant ci-dessus. C'est le but du travail d'organismes tels que La Main à la Pâte,

qui se proposent d'agir afin d'éveiller une certaine curiosité scientifique dès le plus jeune âge chez des élèves de maternelle et de primaire.

3) Les moyens pour y pallier

3.1) Une meilleure connaissance des sciences

Selon le rapport de l'éducation nationale, différentes solutions sont envisageables pour essayer de réduire cette désaffection des filières scientifiques. Tout d'abord, il faudrait des professeurs plus nombreux ayant suivi une formation scientifique. C'est une des missions qui s'inscrit dans le projet de La main à la pâte. En France, les écoles exerçant ce projet sont situées dans des zones d'éducation « difficiles » et ont toutes le même souhait : susciter chez les enfants l'envie et le goût des sciences. ⁽¹⁾

Pour favoriser le développement des professeurs capables d'enseigner les sciences, des formations et des stages doivent leur être proposés pendant leur carrière d'enseignement. ⁽²⁾

Dans le domaine scolaire, l'information se doit d'être favorisée et améliorée. Les conseillers d'orientation psychologues et les enseignants doivent être informés du fonctionnement des études scientifiques et sur leurs débouchés afin de mieux conseiller les élèves et de pouvoir les orienter vers ces filières. ⁽³⁾

Il en va de même pour les parents qui ont un rôle essentiel dans l'orientation de leurs enfants. Le relais de l'information doit arriver jusqu'à eux. Ainsi ils pourront aider leurs enfants à orienter leurs études vers les sciences. ⁽⁴⁾

L'écart pédagogique entre le primaire et le secondaire doit aussi être réduit au maximum. En effet contrairement à d'autres matières, les sciences nécessitent des prérequis. De ce fait pour ne pas repartir de zéro une fois arrivé au secondaire, un accompagnement des élèves doit être établi. Les connaissances seront ainsi consolidées et prêtes à être développées. ⁽⁴⁾

En règle générale, une meilleure connaissance des études scientifiques et de leurs débouchés aidera les étudiants à s'orienter. Les études scientifiques seront ainsi renforcées. ⁽²⁾

3.2) La diffusion de la culture scientifique

Ensuite, la diffusion de la culture scientifique doit être soutenue. Il existe différentes méthodes pour l'encourager. Premièrement, des campagnes publicitaires et des sites Internet informant sur la culture scientifique pourraient être mis en place et permettraient de rendre plus attractif l'enseignement scientifique. ⁽³⁾

Deuxièmement, la politique pourrait être un outil favorisant cette diffusion. Cela semble être une priorité selon le rapport de madame Blandin. En effet, les ministères de la jeunesse, de la recherche et de l'éducation nationale par exemple devraient accorder plus d'importance au domaine scientifique et l'intégrer de plus en plus au domaine de la culture. Cette diffusion de la culture scientifique doit s'étendre à l'ensemble du territoire et ce par le biais d'expositions, de musées, de programmes d'animations itinérants...

Afin de renforcer l'efficacité de toutes ces opérations, une coopération entre les différents acteurs (que ce soit au niveau régional ou national) doit être mise en place. ⁽²⁾

3.3) Les femmes et la science

La place de la femme dans le domaine scientifique se doit d'être renforcée. Plusieurs solutions sont possibles, on peut par exemple citer la création d'émissions TV montrant la réussite des carrières scientifiques de certaines femmes comme Marie Curie ou encore favoriser la création d'entreprises innovantes par des femmes. ⁽³⁾

En ce qui concerne le domaine scolaire, les jeunes filles doivent être encouragées à aller au-delà des préjugés sur les études et les métiers scientifiques. ⁽²⁾

3.4) Une adaptation de l'enseignement

Pour commencer, la démarche scientifique doit être adoptée chez les enfants dès leur plus jeune âge afin que cela devienne une habitude. Pour les aider, les sorties (dans des laboratoires par exemple) doivent être favorisées dans les établissements scolaires.

Au collège un enseignement pluridisciplinaire (contenant les sciences) doit être préconisé. ⁽²⁾ Pour encourager les étudiants, les conditions financières accordées aux meilleurs d'entre eux seraient également améliorées. ⁽³⁾

La science pourrait également s'immiscer dans les activités extrascolaires : des clubs de science pourraient être ajoutés en parallèle des activités artistiques dans les écoles primaires.

Dans l'enseignement, introduire du concret est aussi une notion importante qui donnera envie aux jeunes de s'orienter vers ces filières. Il faudrait les inviter au sein des industries demandeuses par exemple pour leur montrer qu'il existe bel et bien des métiers répondant à ces études.

L'expérimentation doit être une étape indispensable de l'enseignement scientifique (sans en oublier pour autant l'aspect théorique) afin d'intéresser et de développer la curiosité des élèves. L'utilisation plus fréquente d'outils informatiques pourrait également aller dans ce sens. ⁽⁴⁾

IV) Nos projets d'intervention

1) La germination et la circulation de l'eau dans la plante

1.1) La germination

La compréhension du cycle de vie des végétaux s'effectue à travers la plantation de graines et le suivi de leur développement^{(1) et (2)}. Un fil rouge est mis à disposition des élèves qui sont chargés d'ordonner les différentes étapes du cycle de vie des végétaux (il leur sera proposé de réordonner ces étapes à chaque début de séance) en fonction de leurs

observations au cours de la croissance de la plante⁽³⁾. Or, pour qu'il y ait croissance, il faut qu'ils trouvent une graine et la plantent dans des milieux adaptés⁽⁴⁾. L'observation de quelques graines, en particulier de leur structure interne et externe s'effectue ensuite, pour comprendre la transformation des structures les composant, et amener les enfants à en déduire que la graine en germination contient une « plante miniature », qui grandit par la suite. Les enfants peuvent alors dessiner ce qu'ils ont observé sur un « cahier d'expériences » et ils pourront par la suite y revenir, constater les changements.

1.2) La circulation de l'eau dans la plante

Dans le cadre de la Main à la Pâte, nos interventions sont organisées autour d'un thème central que nous cherchons à développer : l'importance de l'eau et sa circulation dans la plante. L'eau est indispensable à la survie de la plante. C'est cette affirmation que nous essayons d'inculquer aux enfants. Pour cela, il est nécessaire d'établir une réflexion chez l'enfant autour de différentes questions : dans quel milieu est-ce que la plante « récupère » l'eau dont elle a besoin et comment ? Comment l'eau circule-t-elle dans le végétal et quels en sont les mécanismes ?

Nous avons déroulé cette étude en deux temps, tout d'abord l'absorption de l'eau par la plante et puis la circulation de l'eau dans celle-ci.

La plante est ancrée par ses racines dans un sol. Le sol est un complexe argilo humique riche en eau et en ions. C'est à travers les racines que l'eau va pénétrer dans la racine, notamment au niveau d'une surface racinaire possédant des « poils » : ce sont les poils absorbants. En effet, cette affirmation a été démontrée par l'expérience de Rosène dans laquelle on observe l'évolution de la plante lorsque ses racines, notamment la zone comportant les poils absorbants, sont placées dans l'eau ou dans l'huile. Dans l'eau, on observe une survie de la plante alors que dans l'huile, celle-ci dégénère. De plus, cette expérience permet de mettre en évidence la localisation des poils absorbants qui ne sont pas totalement à l'extrémité de la racine. Afin de montrer cela aux élèves nous allons tenter de reproduire cette expérience de Rosène.⁽¹⁾ D'autre part, les mycorhizes, une association mutualiste entre un champignon et la racine va permettre d'améliorer l'absorption de l'eau et des minéraux. Néanmoins, lors de nos interventions, dans un souci de simplification et de compréhension de l'absorption de l'eau et des ions, nous nous limiterons seulement au rôle de la racine et notamment des poils absorbants.

Ainsi, on peut se demander quels sont les mécanismes qui permettent l'entrée d'eau dans la racine. Tout d'abord, l'eau se déplace d'une solution hypotonique (à forte teneur en eau), c'est-à-dire du potentiel hydrique le plus fort vers une solution hypertonique (à faible teneur en eau) c'est-à-dire le potentiel hydrique le plus faible par osmose. En observant le potentiel hydrique dans la racine, on observe que celui-ci est inférieur au potentiel hydrique du sol, ce qui va donc provoquer l'entrée d'eau dans la racine par diffusion des molécules dans la racine ou par passage dans des canaux appelés aquaporines. Une fois entrée, l'eau va se diriger vers les cellules de plus faible potentiel hydrique, c'est-à-dire les cellules centrales

appelées vaisseaux de xylème. Cette circulation va se faire majoritairement par voie symplasmique (l'eau passe de symplasma en symplasma par le biais de plasmodesmes) sinon par voie apoplasmique (l'eau circule dans les parois).⁽²⁾ Ce mécanisme complexe pour les écoliers ne sera pas développé lors de nos interventions.

Dans un second temps, se pose la question de la circulation de l'eau dans la plante. Dès lors, l'enfant vient à s'interroger sur son sens de circulation, où est-ce que l'eau va, mais également si cette eau suit un circuit ou si elle est constamment renouvelée.⁽³⁾ L'eau, au niveau des racines, arrive avec des minéraux dans le xylème : cela forme la sève brute. Nous voulons montrer aux élèves que l'eau est amenée à chaque organe par des vaisseaux qui peuvent s'assimiler à des vaisseaux sanguins sans introduire les termes de xylème et de sève brute. Or, l'eau, qui doit parvenir jusqu'aux feuilles, va se heurter à la gravité. En fait, le transport de l'eau sur cette distance va être provoqué par une différence de pression à chaque extrémité. Au niveau des feuilles, on peut observer des « trous » sur l'épiderme, en général inférieur ou parfois supérieur pour les dicotylédones, appelés des stomates. Celles-ci peuvent être observées microscopiquement avec les enfants. Ces stomates sont composés de deux cellules de gardes qui ont la possibilité de s'éloigner ou de s'approcher et ainsi d'ouvrir ou de fermer l'ostiole. Les molécules d'eau vont former des liaisons faibles hydrogènes entre elles et former une colonne d'eau. La transpiration au niveau des feuilles va entraîner la montée de la colonne d'eau.

Des expériences seront menées en classe afin de mettre en évidence la « montée » de l'eau dans la plante. Tout d'abord nous mettrons en évidence le phénomène d'évaporation en plaçant hermétiquement un sac plastique autour de la plante et en observant la présence gouttelettes d'eau sur les parois du sac.⁽⁴⁾ Nous pourrons ainsi observer que la plante perd de l'eau par ses feuilles. Puis nous poursuivrons cette étude par l'observation microscopique de l'empreinte de la surface d'une feuille (par du vernis transparent)⁽⁵⁾ et d'une coupe transversale de tige. Ainsi l'enfant pourra observer des stomates et des « vaisseaux » dans la plante qui participent à la circulation de l'eau. C'est par nos connaissances et les expériences proposées que nous allons tenter d'apporter des connaissances scientifiques rigoureuses sur ce sujet. Une maquette finale sera construite avec les enfants afin de synthétiser les informations. De plus, bien que nos recherches nous ont permis de préciser nos connaissances et d'imaginer des expérimentations à mettre en place lors de nos interventions, c'est en fonction des hypothèses et des propositions d'expériences des enfants que nos séances seront articulées.

2) Les êtres vivants et leur environnement

Nôtre thème est « Le monde vivant. Les êtres vivants et leur environnement ». Nous allons dans une classe de CP à l'école saint George à Nancy. Nous nous sommes intéressés aux interactions entre les êtres vivants. Nous avons donc établi un planning de 5 séances, avec

trois séances sur les végétaux où nous allons aborder la germination. Après nous allons faire la différence entre les animaux et les végétaux pour ensuite comprendre les différents régimes alimentaires possible. Nous aimerions aussi les emmener visiter une ferme pédagogique pour comprendre que l'homme exploite les interactions entre les êtres vivants.

2.1) Qu'est-ce qui pousse ?

Pour cette séance nous allons apporter des échantillons de toute sorte : des graines, des fruits, des légumes, des minéraux. Nous allons demander aux élèves de différencier ce qui va pousser une fois en terre et ce qui ne poussera pas, puis nous allons leurs faire planter les échantillons⁽⁴⁾. Ils vont observer le résultat pendant deux semaines. Le but de cette séance est d'introduire le concept de la graine et de la germination, nous allons pouvoir après nous appuyer sur les exemples qu'ils auront eu même fait pousser

2.2) Qu'est-ce qu'une graine ?

Lors de cette séance nous relèverons les résultats de la séance précédente puis nous essayeront de comprendre pourquoi certains échantillons ont germés et d'autre pas. Nous allons donc leur faire observer l'intérieur des graines ⁽⁵⁾ pour qu'ils comprennent que ce sont des êtres vivants et pour repérer les différentes structures⁽⁶⁾. Nous allons essayer de leur transmettre les connaissances théoriques comme l'embryon et l'albumen mais l'essentiel c'est qu'ils comprennent ce qu'une graine représente. Nous allons donc devoir simplifier notre langage scientifique.

2.3) Comment faire pousser une plante ?

Lors de cette séance, les enfants devront se questionner afin de savoir ce qui est nécessaire ou pas à la germination de la graine. Dans ce but, nous planterons plusieurs graines dans des jardinières séparés avec une variation d'un facteur de germination (eau, lumière, etc.).

Le but de la séance est d'arriver à introduire la notion de nécessité d'un témoin en plus des hypothèses pour l'expérimentation.

2.4) Qu'est ce qui vit, qu'est ce qui ne vit pas ?

Lors de cette séance, le problème scientifique sera de déterminer (dans les grandes lignes) le vivant du non-vivant. Pour cela les enfants devront placer une image donnée au préalable entre une colonne de vivant et une colonne de non-vivant. S'ensuivra un travail en petits groupes afin de mettre en exergue de manière la plus simplifiée possible la théorie de phylogénétique.

3) La germination, les conditions de vie et de développement des plantes

3.1) Généralités sur la germination et rôle de l'accompagnant

Lors de nos interventions déjà menées et à venir, nous nous intéressons à la thématique de la germination. Ce sujet nous est familier puisqu'il a été vu de manière approfondie en classe préparatoire⁽¹⁾.

La germination est le processus de développement post-embryonnaire de la graine. Elle se déroule en plusieurs étapes, tout d'abord se développe la radicule, forme embryonnaire de la racine. Ensuite le coléoptile, organe de protection des jeunes feuilles. Entre les deux croît un organe intermédiaire transitoire appelé mésocotyle. C'est à partir de ces premiers organes que les systèmes racinaires et caulinaire se développeront. Différents facteurs sont susceptibles d'influencer la germination, tels que la température, la luminosité, la disponibilité en eau,... et ce grâce à l'action de divers phytohormones telles que l'auxine ou l'acide abscissique.

Bien sûr, nous n'allons et n'irons pas à ce point dans le détail lors des interventions, tout l'enjeu de La Main à la Pâte étant la vulgarisation scientifique, afin de rendre accessible la science à tous les niveaux scolaires. C'est ce rôle que nous devons jouer en tant qu'accompagnants⁽²⁾.

Les séances en classe ont été et seront élaborées grâce à divers outils pédagogiques, qui nous permettent de mettre en place les expériences pratiques⁽³⁾ ⁽⁴⁾ et le déroulement des séances, et ainsi d'établir un fil directeur⁽⁵⁾.

3.2) Mise en place des séances d'intervention :

En binôme avec Mlle FRANCK Clémentine, nous avons réalisé plusieurs interventions au sein d'une classe de CP/CE1 à l'école primaire Bonsecours. Nous avons organisé un planning de passages pour nos différentes séances avec la maîtresse (Mme. SCHAAF Katia). Pour sa classe, la maîtresse a choisi le thème général suivant : « La germination : les conditions de germination et de développement de la plante ». Nos interventions ont donc eu pour but d'initier les enfants sur ce sujet.

- Déroulement des séances :

Pour chaque séance nous avons réalisé une feuille de route. Cette feuille nous permet d'organiser notre plage horaire. Nos interventions débutent à 13h30 et finissent à 14h50 ce qui nous permet d'intervenir 50 à 60 minutes.

Chaque intervention se décompose en plusieurs parties :

- Une partie de questions sur le thème de chaque séance qui permet aux enfants de s'interroger sur leurs connaissances et d'inciter leur curiosité lorsqu'ils ne connaissent pas les réponses. Les enfants communiquent entre eux, échangent leurs idées ou bien les gardent pour eux. Nous sommes dans une discussion ouverte.

Lorsque les réponses sont fausses, on ne leur donne pas forcément la réponse. Nous les laissons s'interroger afin de les inciter à trouver un moyen qui leur permettrait de vérifier la fiabilité de leur réponse. Par exemple, ils répondent «oui» à la question «les graines poussent-elles que dans la terre?»

- Une partie de questions sur les pratiques pouvant être réalisées afin de répondre aux questions posées précédemment. Quelles que soient les questions, on cherche ici des protocoles qui permettraient de répondre à leur question. D'après l'exemple ci dessus, on les incite à changer la nature du sol (coton par exemple) et on plante la graine dans du coton afin d'observer si la graine pousse. Les enfants se sont donc rendu compte qu'ils se sont trompés puisqu'après un certain temps, la graine a germé dans le coton.
- Une partie pratique qui permet aux enfants de manipuler des objets en lien avec le thème. Par exemple le premier thème était sur la graine, on a donc cherché à ce que les enfants différencient ce qu'est une graine de ce qui ne l'est pas. La première séance a donc été une séance de tri.
- Une partie dessin qui permet de garder une trace écrite de chaque séance. Nous avons essayé de transmettre la démarche scientifique à chaque séance sur le thème de la séance, et en même temps que l'ensemble des séances (la séquence) constitue la démarche scientifique sur le thème global choisi par la maîtresse. Par exemple pour la première séance, ils ont collé sur une demi feuille les graines sur une moitié de page et les « non graines » sur l'autre moitié.

Pour organiser nos séances, nous nous sommes inspirées du site de La Main à la Pâte⁽¹⁾.

- La germination : les conditions de germination et de développement de la plante

Pour notre séquence à ce sujet, je me suis servie de mes cours de CPGE-TB (Classe Préparatoire au Grandes Ecoles – Technologie Biologie) ⁽²⁾. Nous avons voulu rester dans un contexte simple pour nous adapter au niveau des élèves, ainsi nous avons considéré que nos connaissances suffisaient pour nos interventions.

Nous avons travaillé la première séance sur la graine. Le but était que les enfants prennent conscience sur ce qu'est une graine. Afin de faire le lien avec la séance suivante, nous les avons interrogés sur ce qu'il fallait apporter aux graines pour qu'elle puisse germer. Pour faire simple, on a choisi de faire varier les facteurs lumière, eau et nature du sol pour les sensibiliser aux «conditions de germination», en considérant que la température était constante dans la salle de classe. Lors de la seconde séance, on leur a donc fait semer des graines en présence ou non de lumière, avec peu ou énormément d'eau et sur différents sols (essuie-tout, coton, terre, eau). Les enfants ont observé l'évolution, ce qui a ou non poussé. On les a, lors de la troisième séance, interrogé pour qu'ils puissent interpréter leurs résultats. On a réalisé des coupes dans les graines qui ont poussé pour que les élèves prennent conscience qu'une graine n'est pas morte mais bien vivante et travailler sur la seconde partie du sujet «développement de la plante». Lors des séances suivantes, nous avons laissé d'avantage germer les plantes de façon à observer une plante et les structures qu'elle possède. Après l'apparition des feuilles, nous avons sollicité les enfants sur le maintien de leur structure. Nous avons travaillé également sur la fleur lors d'une séance

pour initier les enfants sur la formation de la graine. Ainsi lors de nos séances, nous avons traité le cycle biologique des végétaux à en répondant au sujet demandé.

Nous avons réalisé la démarche scientifique et d'investigation. Les enfants ont su observer, se poser des questions, émettre des hypothèses, susciter de la curiosité pour mettre en place des protocoles permettant de valider ou non leurs hypothèses, observer et interpréter leur résultat.

Il nous a semblé que les enfants étaient enchantés de notre intervention et qu'ils semblent s'intéresser aux sciences. Il serait préférable pour une bonne appréhension que les sciences perdurent à l'école primaire. Les sciences développent la curiosité et l'imagination chez les enfants ce qui favorisent un bon épanouissement de chaque individu pour l'avenir

4) La germination, les conditions de la germination et de développement de la plante.

En binôme avec Iness Bouzit, nous intervenons dans une classe de CE1/CE2 à l'école primaire Charles-Perrault à Haraucourt afin d'aborder le thème « La germination : les conditions de germination et de développement de la plante » avec les enfants. Nous allons effectuer au final 5 séances. Les premières parleront principalement de la graine et les suivantes seront plus portées sur la plante.

4.1) Les conditions de germination

Pour introduire notre thème nous commençons par demander aux élèves ce que signifie pour eux le mot « graine » et « germination ». Nous prenons toutes les idées en considération et une fois qu'ils sont à court d'idées nous faisons le tri avec eux afin de trouver les réponses les plus cohérentes. Cette introduction permet aux enfants de se plonger dans le thème et d'éveiller leur curiosité sur le fonctionnement des graines.

Par la suite, une fois les deux mots expliqués nous leur demandons ce qu'il faut pour qu'une graine germe, c'est-à-dire les conditions de germination. On en arrive donc à quatre facteurs importants : le milieu de germination, la température, la lumière et la quantité d'eau. Pour illustrer l'importance de ces facteurs, nous leur faisons réaliser des expériences qui consistent à planter des graines en fonction du milieu du sol (terre, coton, sable, rien), de la température (froid, chaud), de la lumière (obscurité ou non) et de la quantité d'eau (pas du tout, moyennement, beaucoup). Afin de garder une trace écrite des expériences et des nouvelles connaissances acquises, les élèves disposent d'un cahier des sciences.

Une fois l'expérience finie (c'est-à-dire que les graines auront ou non germé), il y aura une phase d'observation permettant de définir quelles graines (en fonction de leur conditions initiales) auront germé. Cette observation amène les enfants sur une conclusion sur les conditions de germination⁽¹⁾.

Grâce à la question initiale (Quels sont les conditions de germination ?), les enfants ont pu suivre une démarche scientifique, c'est-à-dire le questionnement, les hypothèses,

l'établissement d'un protocole expérimentale, l'expérience, les observations et enfin les conclusions. De plus grâce au cahier des sciences, les élèves écrivent les différentes étapes de cette démarche permettant ainsi de garder à l'esprit le fil conducteur du raisonnement.

4.2) La diversité des graines et leurs rôles

Une fois que les enfants ont compris qu'une graine pouvait germer afin de devenir une plante dans certaines conditions, nous les questionnons sur le rôle de la graine. Ce questionnement permet une interaction entre les élèves et nous-mêmes, mais aussi une interaction directement entre eux.

Par la suite, nous expliquons le rôle de la graine, c'est-à-dire qu'elle permet la protection de l'embryon provenant de la plante mère. Pour leur prouver, nous procédons à la dissection des graines. Nous montrons les enveloppes externes ainsi que l'intérieur des graines et des différents composants (exemple utilisé : une graine de haricot). Une fois les observations finies on fait dessiner les enfants sur ce qu'ils ont vu. Pour conclure, on leur donne un schéma⁽²⁾ bilan de la graine avec des légendes à compléter afin de garder une trace écrite plus claire.

Ensuite, nous leur demandons si pour eux, toutes les graines sont pareilles. Un échange verbal est à nouveau mis en place. Après cet échange, nous leur distribuons diverses graines à aspects différents, et demandons de les comparer (plus colorée, plus ronde, plus lisse, plus rugueuse, plus lourde, plus petite,...). De plus, nous leur faisons disséquer une autre graine différente de la première (monocotylédone cette fois-ci) afin de leur présenter les différentes structures que l'on peut retrouver chez des graines.

On utilise à nouveau le cahier des sciences pour garder une trace écrite, avec les dessins des différentes graines distribuées et de la seconde graine disséquée mais aussi d'un deuxième schéma bilan concernant cette graine.

Après avoir vu la diversité des graines et les germinations, nous allons plutôt nous intéresser au développement de la plante

4.3) La croissance de la plante

Nous allons nous limiter, au départ, à l'étude des Angiospermes pour ne pas compliquer l'histoire de la vie d'un végétal pour l'enfant. On va tenter de lui montrer les lieux de croissance chez les végétaux, comment cette croissance a lieu sans entrer dans les détails moléculaires et enfin les conditions de croissance.

Le végétal est un organisme fixé, on observe que les conditions environnementales vont beaucoup influencer la croissance et le développement du végétal.

La croissance de la plante se fait de manière indéfinie (elle a lieu tout au long de la vie de l'individu mais se produit au niveau d'un méristème primaire ou secondaire) et discontinu (par exemple les cicatrices laissées par le bourgeon terminal lors de la pause hivernale au niveau d'un arbre.)⁽¹⁾

Les zones méristématiques primaires, se retrouvent au niveau de l'apex caulinaire et racinaire, ces zones sont caractérisées au niveau cellulaire par une zone de division cellulaire

(mitose), une zone de grandissement cellulaire (l'auxèse) et une zone de différenciation cellulaire mais on limitera l'étude des méristèmes au deux premières zones pour les enfants. (2)

De nombreux paramètres vont influencer la croissance d'un végétal. C'est le cas par exemple de l'eau, la température, la composition du milieu de vie et la lumière. Ainsi, par exemple pour le cas de la lumière, les Spermatophytes sont capable de réaliser la photosynthèse, c'est à dire de produire des molécules organiques à partir de molécules minérales à l'aide de l'énergie apportée par la lumière, en outre la lumière est impliqué dans le phototropisme qui détermine en partie dans quel direction la plante va pousser et enfin la photopériode et le passage des jours courts aux jours longs. (3)

4.4) La diversité des plantes

On va tenter de démontrer qu'il existe une grande diversité des plantes et les moyens mis en œuvre par certaines plantes pour survivre à la mauvaise saison : l'hiver.

On peut diviser le monde des végétaux en 3 catégories selon la durée de leurs cycles de vie.

Ainsi, il existe des plantes dites annuelles, bisannuelles et vivaces.

Les plantes annuelles ont un cycle de vie de moins d'1 ans, il y a floraison avant l'hiver c'est à dire mise en place de l'appareil reproducteur pour l'établissement de la génération suivante et le moyen de survie de l'espèce en hiver est la graine voir un fruit sec indéhiscents.

Les plantes bisannuelles ont une durée de vie de plus d'1 an, lors de leur premier printemps, elles ne fleurissent pas mais il y a accumulation de réserve au niveau des organes comme le bulbe, le tubercule ou le rhizome. Ces organes souterrains vont pouvoir survivre à l'hiver, il y a donc survie de l'individu. La floraison a ensuite lieu au printemps suivant et c'est sous forme de graine qu'un nouvel individu va passer l'hiver.

Les plantes vivaces ont une durée de vie beaucoup plus longue, elles fleurissent chaque printemps ce sont soit des plantes ligneuses soit des plantes dont l'appareil souterrain survit chaque hiver.

Ses moyens de survie lors de l'hiver sont des bourgeons écailleux ou des organes de réserves souterrains. (4)

On va aussi observer avec les enfants, les plantes assez particulières dans leur fonctionnement ou leur morphologie.

5) La filtration de l'eau

5.1) Partie 1

Notre projet se base sur l'étude de la filtration de l'eau. Nous travaillons avec la classe de CP de l'école primaire Europe-Nations dont le professeur est Marjorie Fosset. Nous avons divisé cette étude en cinq séances d'une durée de 30 à 45 minutes.

5.1.1) L'eau sur Terre et son cycle naturel

L'eau est présente sur Terre à plus de 70% et se déplace cycliquement sous différentes formes (vapeur, liquide et glace). Le cycle de l'eau a donc lieu entre ciel et terre. Toutefois, l'eau douce n'est présente sur Terre qu'en petite quantité (1).

A la demande du professeur, nous avons limité notre introduction à une petite présentation du cycle de l'eau. Les élèves ayant tout juste étudié l'eau sous ses différentes formes, nous avons donc pu leur poser différentes questions : Où trouve-t-on l'eau ? Sous quelles formes ? Peut-elle se déplacer et comment ? Afin d'observer leurs acquis nous travaillé avec l'ensemble de la classe et avons noté leurs réponses sur un poster. Puis à l'aide d'un puzzle, nous avons étudié les différences entre mer, fleuve, rivière et marre et leur avons ainsi permis d'apprécier les déplacements de l'eau liquide sur Terre ⁽²⁾. Enfin, à l'aide d'un coloriage, nous leur avons présenté le cycle de l'eau naturelle.

5.1.2) L'eau douce et le cycle domestique de l'eau

Nous nous sommes ensuite concentrées sur l'eau douce et plus particulièrement l'eau domestique. Afin de faciliter la compréhension de nos élèves de CP, nous avons décidé de faire une analogie entre eau « propre » et eau potable ⁽³⁾ : « Peut-on boire une eau boueuse ? Savonneuse ? » . Il s'agit ainsi de mettre en évidence le fait que l'eau n'est pas toujours propre notamment au cours du cycle de l'eau domestique. Par conséquent, l'eau qui arrive chez eux par les robinets est propre, mais lorsqu'elle en repart elle est sale et nécessite d'être traitée. Une eau sale peut-elle être nettoyée ? Mais comment la traiter ?

5.1.3) Comment rendre l'eau « propre » ?

Afin d'étudier le traitement de l'eau, nous demandons aux enfants de concevoir différents moyens de traitement d'une eau boueuse. Nous avons ensuite réalisé une expérience de nettoyage de cette eau : nous avons tout d'abord cherché à la nettoyer avec du savon, puis à l'aide d'une passoire, et enfin à l'aide d'un filtre à café⁽⁴⁾. Nous avons ensuite comparé les différents résultats de filtration et synthétisé cela sur un poster. Le filtre à café nous donne une eau moins boueuse mais elle n'est pas totalement limpide non-plus. Pour rendre une eau plus propre, il faut donc la filtrer. Mais alors comment améliorer la filtration et la rendre totalement limpide?

5.2) Partie 2

La filtration pour fonctionner de façon optimale ne doit pas se limiter à l'utilisation d'un seul des filtres vu ci-dessus. La combinaison de différents filtres peut grandement l'améliorer. Pour le mettre en évidence auprès des enfants, nous allons faire une expérience dont le but est de construire un filtre efficace. A la fin de cette expérience les enfants récupéreront donc une eau propre. La première étape du protocole est de fabriquer une eau sale, ce qui permettra d'apprécier d'avantage la différence de couleur entre l'eau sale et l'eau propre obtenue après la filtration. De plus, ce changement de couleur permettra d'attirer l'attention des enfants. A l'aide de bouteille d'eau, de graviers, de papier essuie tout, de sable et de coton, nous fabriquons un filtre. Nous versons alors l'eau "sale" en haut du filtre et nous récupérons peu à peu une eau limpide. C'est grâce au passage à travers trois couches successives que l'eau est nettoyée. De plus, l'ordre des filtres est important, nous les disposons du plus "grossier" au plus fin afin d'affiner la filtration au fur et à mesure de l'écoulement de l'eau. ⁽¹⁾

Pour rendre une eau claire et limpide, il faut donc la filtrer. C'est un procédé de ce type qui est utilisé par les usines qui produisent l'eau du robinet. En effet, les stations d'épurations sont responsables des processus permettant d'obtenir une eau propre et potable. Débarrassée de ses éléments polluants (organiques ou chimiques), l'eau peut être utilisée par l'homme sans risque de dommage pour sa santé. Cela permet également la préservation des milieux naturels. Ce traitement des eaux dans les stations d'épurations se déroule en différentes étapes. ⁽²⁾

De plus, l'eau doit répondre à des normes de qualités. Ces normes se trouvent dans une classification basée sur l'utilisation que nous avons de l'eau. Le traitement effectué dans les stations d'épurations devra donc être adapté au type d'eau et à ses critères de qualité (exemple: limite de la charge polluante). ⁽³⁾

Ainsi, l'eau qui arrive dans la station d'épuration est marron, lorsqu'elle ressort elle est devenue transparente, nous pouvons donc la rejeter dans la rivière ou le fleuve. Cette observation remarquée par les enfants doit être expliquée. En effet, ces derniers se demandent comment avons nous "nettoyé" l'eau ? C'est pourquoi nous détaillons les différentes étapes du traitement de l'eau. Nous finissons cette explication par un résumé du déroulement du nettoyage à l'aide d'un texte à trou pour vérifier que les enfants ont bien compris les différentes étapes.

Le traitement des eaux usées se fait généralement en trois étapes: un traitement préliminaire pour séparer les impuretés solides de grande taille. Cette étape est appelée dégrillage. Une étape de dessablage, de dégraissage et de décantation qui consiste en une sédimentation primaire pour éliminer les impuretés en utilisant la sorption par des solides. Enfin, un traitement biologique secondaire pour décomposer ou dégrader les impuretés restantes au moyen de micro-organismes. ⁽⁴⁾

En réalité, les étapes sont plus complexes mais nous nous limiteront à celles-ci afin de faciliter la compréhension des enfants. En effet on distingue le stockage, le dégrillage, le tamisage, le micro tamisage, la préoxydation, la floculation, la coagulation, la décantation, la filtration, la désinfection et l'affinage. ⁽⁴⁾

L'étape de stockage est préliminaire au traitement et dure plusieurs mois. Elle permet de préparer l'eau au traitement. Elle sert également à la conserver en cas d'accident. De ce fait, une décantation et une minéralisation de la matière organique ont lieu. Cependant il est important de souligner que cette étape peut également introduire la prolifération de bactéries.

Ensuite, il faut procéder au dégrillage, tamisage et micro tamisage où l'eau passera à travers un filtre et se débarrassera ainsi de ses fines particules. Si le micro tamisage est effectué, les particules retenues seront encore plus fines (le filtre utilisé est métallique). La préoxydation permet de détruire la matière organique restante. Les produits utilisés sont généralement le chlore, le peroxyde de chlore ou l'ozone.

Les colloïdes présentent deux problèmes: ils ont un faible diamètre et de ce fait ont une masse très faible. De plus ils sont chargés négativement, ils se repoussent. Ces deux propriétés font que la sédimentation est impossible. L'ajout de floculant permet donc une agglomération des particules. Les colloïdes ainsi constitués ont une masse plus importante. La coagulation, par un ajout de sels métalliques, permet de supprimer les répulsions

intercolloïdales en neutralisant leur charge. Les particules colloïdales peuvent désormais se rencontrer. Ainsi, grâce à ces deux procédés, l'absence de sédimentation causée par la présence de colloïdes est rendue possible. L'étape de décantation peut avoir lieu.

A l'issue de la décantation, une boue mélangée d'air est retrouvée à la surface alors que l'eau propre reste au fond du bassin.

Lors de la filtration, le filtre utilisé est un lit de sable. Ce sable va retenir les particules n'ayant pas été retirées par la décantation.

L'eau obtenue est alors complètement limpide mais peut encore contenir des bactéries. C'est pourquoi il faut utiliser les mêmes produits que lors de la préoxydation (chlore, peroxyde de chlore, ozone).

Les normes de potabilité sont alors respectées mais pour améliorer d'avantage la qualité de l'eau, nous pouvons procéder à une étape d'affinage. Cette étape utilise le charbon actif ayant comme propriété de retenir les molécules de micropolluants présents dans l'eau. ⁽⁵⁾

Afin de rendre ces explications plus claires pour les enfants et davantage concrètes, une sortie sera organisée à la station d'épuration de Metz. ⁽⁶⁾

Références bibliographiques

I- La main à la pâte : présentation

1.) Un peu d'histoire ...

- (¹) Equipe main à la pâte, 6 février 2013 d'après : <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/16280/le-role-de-lacademie-des-sciences>
- (²) Equipe la main à la pâte, 28 septembre 2013 d'après : <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/14609/de-lexperimentation-au-preste>
- (³) Equipe La main à la pâte, 6 février 2013, d'après : <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/16285/limplication-des-scientifiques>
- (⁴) Equipe La main à la pâte, 6 février 2013, d'après : <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/16293/favoriser-les-initiatives-locales>
- (⁵) Equipe La main à la pâte, 6 février 2013, d'après : <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/16297/sadresser-aux-formateurs>
- (⁶) Equipe La main à la pâte, 28 septembre 2013, d'après : <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/14611/du-primaire-au-college>
- (⁷) Equipe La main à la pâte, 28 septembre 2013, d'après : <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/14610/la-creation-dun-reseau-international>
- (⁸) Equipe La main à la pâte, 28 septembre 2013, d'après : <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/14612/la-creation-de-la-fondation-et-des-maisons-pour-la-science>

2) Une mission ambitieuse

- (¹)<http://www2.cnrs.fr/journal/580.htm>
- (²)CHARPAK Georges, *La Main à la Pâte, les Sciences à l'Ecole Primaire*, éditions Flammarion, 1996, 159 pages.
- (³)<http://eduscol.education.fr/cid57927/eist-en-sixieme-et-cinquieme.html> Ministère de l'Education Nationale, Enseignement intégré de science et technologie de sixième et cinquième
- (⁴)http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_fr.pdf Rapport de la Commission Européenne

⁽⁵⁾<http://www.handsonsciencepartnership.org/making-the-case-for-stem-education-in-the-u.s>

⁽⁶⁾*Je vote pour la science*, Interview de Johanne Patry, experte en éducation et approches pédagogiques en sciences. Elle a lancé Science on Stage Canada, un organisme à but non lucratif qui promeut des pratiques innovatrices en enseignement des sciences et d'Yvon Fortin, créateur du Centre de démonstration en sciences physiques du Cégep Garneau de Québec et du concours pan-québécois pour jeunes scientifiques du collégial Science, on tourne!

Les problèmes encourus pour l'enseignement scientifique au Québec sont transposables à la France.

<http://www.sciencepresse.qc.ca/actualite/2012/10/23/enseignement-sciences-combattre-lacunes>

⁽⁷⁾<http://www.fondation-lamap.org/node/15150> université de Lorraine, carte du réseau des centres pilotes.

⁽⁸⁾ <http://espe.univ-lorraine.fr/lamap/ressources.php> Centre Pilote du Grand Nancy, prêt de matériel.

⁽⁹⁾http://www.lemonde.fr/societe/article/2013/09/12/albert-jacquard-est-mort_3476554_3224.html

⁽¹⁰⁾<http://www.pedagogie95.ac-versailles.fr/les-principaux-elements-de-mathematiques-et-la-culture-scientifique-et-technologique/sciences-experimentales-et-technologie/219-l-accompagnement-en-sciences-et-technologie-a-l-ecole-primaire-astep>, Académie de Versailles, Pédagogie 95 - Espace pédagogique

⁽¹¹⁾<http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/astep/PDF/Bilan%20national%20ASTE%20P%202012.pdf>, Ministère de l'Éducation Nationale, Bilan national annuel de mise en œuvre de l'accompagnement en science et technologie à l'école primaire (ASTEP)

⁽¹²⁾CHARPAK Georges, LENA Pierre, QUERE Yves, *L'Enfant et la Science, l'Aventure de La Main à la Pâte*, éditions Odile Jacob, 2005, 240 pages.

⁽¹³⁾Conférence sur la Vulgarisation scientifique et les méthodes pédagogiques de l'ASTEP à l'école des Mines de Nancy, le 14/01/14.

⁽¹⁴⁾LAFOSSE-MARIN Marie-Odile, LAGUËS Michel, CHARPAK Georges (préface), *Dessine-moi un scientifique*, édition Belin, publié en 2007

⁽¹⁵⁾<http://www.cnrs.fr/midi-pyrenees/SciencePourTous/Images-science/MetiersSciencesSmall.pdf> CNRS, Les Métiers de la Science.

⁽¹⁶⁾<http://www.sciences.u-psud.fr/fr/actualites/handiscitoyen.html> Université Paris Sud, Faculté des Sciences d'Orsay, HandiSCitoyen.

⁽¹⁷⁾<http://www.fondation-lamap.org/fr/9511/action-internationale> Académie des sciences, Fondation La Main à la Pâte.

II) L'enseignement des sciences à l'école

1) La perception des sciences chez l'élève et son évolution au cours de l'apprentissage

- (1) CHARPAK Georges, LENA Pierre, QUERE Yves. *L'enfant et la science ; L'aventure de La main à la pâte*. Odile Jacob, 2005. 235 pages.
- (2) Commission Européenne : ROCARD Michel, CSERMELY Peter, JORDE Doris,...*L'enseignement scientifique aujourd'hui : Une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*. 2007
http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_fr.pdf, Consulté le 07/01/14
- (3) ERPI (Edition du nouveau pédagogique) *L'âge préscolaire et scolaire : développement physique et cognitif*
<http://erpi.com/elm/2281.4710943827736790452.pdf> Consulté le 17/12/14
- (4) *Trois théories du développement*. 1998
http://www.staps.univ-avignon.fr/S2/UE2/Psychologie/L1_psych_Calvin_developpement_Piaget.pdf. Consulté le 07/01/14
- (5) FRASER MUSTARD J. *Développement du cerveau dans la petite enfance et développement humain*. Mai 2010
<http://www.enfant-encyclopedie.com/documents/MustardFRxp.pdf>
Consulté le 14/01/2014
- (6) FAFEUR Laurent. *Mémoire professionnel : Comment mettre en place une démarche scientifique à l'école primaire ?* 2000
<http://www.crdp-montpellier.fr/ressources/memoires/memoires/2000/a/0/00a0070/00a0070.pdf>
Consulté le 10/12/14

2) Les programmes officiels et les voies d'enseignement

2.1) L'évolution de l'enseignement des sciences

⁽¹⁾ : http://www.ulb.ac.be/inforsciences/quandseraigrand/docs/07_enseig_scf_tfe.pdf

⁽²⁾ : « dans la peau d'un chercheur, un pont entre l'éducation et la recherche scientifique
http://www.danslapeaudunchercheur.org/?page_id=76

(3) : IGEN sept 2000 / janv 2001, L'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire d'après http://media.eduscol.education.fr/file/ecole/17/3/EXSREN11_112173.pdf

(4) : Bulletin officiel [B.O.], n°29 du 20 juillet 2006 d'après <http://www.education.gouv.fr/bo/2006/29/MENE0601554D>.

2.2) L'enseignement des sciences aujourd'hui :

(1) : http://www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/programme_maternelle.htm

(2) : http://www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/programme_CP_CE1.htm

(3) : http://www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/programme_CE2_CM1_CM2.htm

(4) : <http://www.education.gouv.fr/cid38/horaires-et-programmes.html>

(5) : La Main à la Pâte, Les sciences à l'école primaire, présenté par Georges Charpak, éditions Flammarion, novembre 1996

3) Qu'est ce que la démarche scientifique ?

(1) 10/01/2006, d'après : <http://stsp.creteil.iufm.fr/article112.html>

(2) 29/10/2010 d'après : http://imss-www.upmf-grenoble.fr/prevert/SpecialiteDEMS/Cours%202010-2011%20/UE2/CoursUE2_ContratDI_Triquet.pdf

(3) 03/12/2012 d'après : Eduscol, le portail officiel des professionnels de l'éducation: *Les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique*
<http://eduscol.education.fr/cid47414/les-principaux-elements-de-mathematiques-et-la-culture-scientifique-et-technologique.html#lien2>

(4) avril 2013 d'après : Ministère de l'éducation nationale: *La main à la pâte*
<http://www.education.gouv.fr/cid54820/la-main-a-la-pate.html>

(5) 2007 d'après : Commission européenne : ROCARD Michel, CSERMELY Peter, JORDE Doris,... *L'enseignement scientifique aujourd'hui : Une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe*.
http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_fr.pdf

(6) 13/01/2009 d'après : Eduscol, le portail officiel des professionnels de l'éducation: *Repères pour la mise en œuvre d'une démarche répondant au schéma : « Du questionnement à la connaissance en passant par l'expérience »*
<http://eduscol.education.fr/cid46578/reperes-pour-la-mise-en-oeuvre-d-une-demarche-%A0du-questionnement-a-la-connaissance-en-passant-par-l-experience%A0.html>

(7) 28/03/2002 d'après : Ministère de l'éducation nationale : *Rapport à l'attention de Monsieur le Ministre de L'Education Nationale sur : Les jeunes et les études scientifiques.*
<http://media.education.gouv.fr/file/91/8/5918.pdf>

III) La désaffection des filières scientifiques

1) La désaffection des filières scientifiques : Les faits

- (1) DUVERNEY, Daniel, *Réflexions sur la désaffection scientifique*, 2002
Lien : <http://smf4.emath.fr/en/Enseignement/Divers/Duverney.pdf>
- (2) PORCHET, Maurice, *Rapport à l'intention de Monsieur le Ministre de l'Education Nationale sur les jeunes et les études scientifiques : les raisons de la « désaffection » et un plan d'action*, 2002
Lien : <http://media.education.gouv.fr/file/91/8/5918.pdf>
- (3) BEDUWE C., FOUCARDE B., GIRET J.-F., MOULLET S., *Les filières scientifique et l'emploi*, 2006
Lien : <http://media.education.gouv.fr/file/84/8/2848.pdf>
- (4) ARNOUX, Pierre, *De la « désaffection » pour les études scientifiques*,
Lien : <http://skhole.fr/de-la-d%C3%A9saffection-pour-les-%C3%A9tudes-scientifiques-par-pierre-arnoux>
- (5) OURISSON, Guy, *Désaffection des étudiants pour les études scientifiques*, 2002
Lien : <http://media.education.gouv.fr/file/91/7/5917.pdf>

2) Les causes de la désaffection des filières scientifiques

2.1) Partie 1

- (1) : <http://media.education.gouv.fr/file/91/8/5918.pdf> [2002]
- (2) : <http://media.education.gouv.fr/file/84/8/2848.pdf> [09/2006]
- (3) : <https://pure.fundp.ac.be/ws/files/1050936/67242.pdf> [2008]

2.2) Partie 2

- (1) Haut conseil de la science et de la technologie/ La Documentation française, Paris, 2007, Avis sur la désaffection des jeunes pour les études scientifiques et technologiques, 2007, p.25
- (2) Léonard, 2007, Marie-Dominique Simonet
- (3) CAPELIER, KLEIN, COTTET, Les jeunes et la science : faire face à la crise des vocations scientifiques, Colloque Paris 2007, pp 40-45

(4)OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques)/Paris, Evolution de l'intérêt des jeunes pour les études scientifiques et technologiques : rapport d'orientation, mai 2006

(5)La désaffection des jeunes pour les filières scientifiques et technologiques, A.Belleflamme S. Graillon & M. Romainville, Février 2008

(6)Haut conseil de la science et de la technologie/ La Documentation française, Paris, 2004, Avis sur la désaffection des jeunes pour les études scientifiques et technologiques, 2004

(7)BLAIS, GAUCHET, OTTAVI, La question du sens dans les enseignements scientifiques, in Conditions de l'éducation, pp113-130

(8)L'enseignement scientifique aujourd'hui : une pédagogie renouvelée pour l'avenir de l'Europe, Rapport Rocard, 2007

3) Les moyens pour y pallier

(1) Rapport de l'éducation nationale: Les jeunes et les études scientifiques de Maurice PORCHET Professeur de Biologie à l'Université de Lille 1
<http://media.education.gouv.fr/file/91/8/5918.pdf>

(2) Rapport d'information n° 392 (2002-2003) de Mme Marie-Christine BLANDIN et M. Ivan RENAR, fait au nom de la commission des affaires culturelles, déposé le 10 juillet 2003
<http://www.senat.fr/rap/r02-392/r02-3921.pdf>

(3)Désaffection des étudiants pour les études scientifiques. Rapport de Guy Ourisson (ancien président de l'Académie des sciences) Mars 2002 :
<http://media.education.gouv.fr/file/91/7/5917.pdf>

(4) Rapport de synthèse : La désaffection des jeunes pour les filières scientifiques et technologiques: diagnostic et remèdes. A.Belleflamme, S.Graillon, M.Romainville
http://www.paris-montagne.org/ressources/desaffection-pour-etudes/desaffection-jeunes/file_html

IV) Nos projets d'intervention

1) La germination et la circulation de l'eau dans la plante

1.1) La germination

(1)La main à la pâte : Germination <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11021/les-germinations>

(2)La main à la pâte : Germination des lentilles <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11025/la-germination-des-lentilles>

⁽³⁾La main à la pâte: une graine, une plante <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11150/une-graine-une-plante>

⁽⁴⁾La main à la pâte : la terre est-elle indispensable ? <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11036/la-terre-est-elle-indispensable-la-germination>

1.2) La circulation de l'eau dans la plante

⁽¹⁾ *Les corrélations trophiques chez les Angiospermes*. 2010
<http://maitres.snv.jussieu.fr/agreginterne/2-enseignement/Contenu%202010-2011/Correlations%20trophiquespresentationpdf.pdf>
Consulté le 22/01/14

⁽²⁾ CAMPBELL & REECE. *Biologie*. 2^{nde} édition. de Boeck. 2004.

⁽³⁾ La main à la pâte. *L'eau monte-t-elle dans la plante ?* <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11609/leau-monte-t-elle-dans-la-plante>
Consulté le 10/12/13

⁽⁴⁾ Ecole de Signy l'Abbaye, CE1/CE2 et CM1/CM2. *Comment prouver qu'une plante transpire ?*
<http://wheb.ac-reims.fr/ia08edd/images/defis2013/cy3/c6.pdf>
Consulté le 28/12/13

⁽⁵⁾ Ministère de l'Education nationale. *Répartition des stomates et échanges avec l'atmosphère*. 2011 http://www2.ac-lyon.fr/etab/lycees/lyc-01/bichat/IMG/pdf/A2_-_repartition_des_stomates_et_echanges_avec_atmosphere.pdf
Consulté le 22/01/14

2) Les êtres vivants et leur environnement

2.1) Qu'est-ce qui pousse ?

<http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11150/une-graine-une-plante> [1/10/2002]

2.2) Qu'est-ce qu'une graine ?

2. <http://www.jardinons-alecole.org/pages/idee23.php>

3. :<http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11150/une-graine-une-plante> [10/2002]

2.3) Comment faire pousser une plante ?

3. Enseigner les sciences à l'école. Outil pour la mise en œuvre des programmes. Cycles 1, 2 et 3, Académie des sciences, La main à la pâte (pp.34-40)

4. Document d'accompagnement des programmes applicables en 2002 : il comprend 7 séquences, du cycle 1 au cycle 3 dont la séquence Une graine, une plante ? Cycle 2, qui illustre une progression possible autour de ce thème dans le respect du programme et dans l'esprit des principes de La main à la pâte. Ce document nous a permis d'établir une démarche d'initiative, d'esprit scientifique, aux enfants.

5. Biologie BCPST-VÉTO 2ème année, Michel BREUIL, ÉDITIONS TEC ET DOC/LAVOISIER, Collection:Référence prépas, 09/2009, 818 p.

6. Ouvrage scientifique de connaissances préalables nécessaire pour pouvoir répondre (de manière simplifiée) aux questions des enfants.
7. <http://www.etudier.com/dissertations/Comment-Apprendre-La-Germination-Aux-Enfants/120149.html>

Ce document nous a montré un exemple de protocole mis en place afin d'intégrer la notion de témoin et de facteurs permettant la germination.

2.4) Qu'est ce qui vit, qu'est ce qui ne vit pas ?

2. http://www.ac-versailles.fr/public/upload/docs/application/pdf/2012-06/decouvrir_vivantbis.pdf
3. Rappel des bulletins officiels des cycles 1, 2 et 3 et entre autres l'exemple de mise en place d'une activité de distinction entre le vivant et le non-vivant.
4. A la découverte du monde vivant Cycle 1, Collectif sous la direction d'Anne-Marie Denis, 01/04/2002
5. Classification phylogénétique du vivant, Guillaume Lecointre, Hervé Le Guyader, Éditions Belin
6. Comprendre et enseigner la classification du vivant, Sous la direction de Guillaume, Lecointre, Éditions Belin
7. Ouvrages complémentaires apportant des informations pédagogiques répondant à la problématique : Classer le vivant et le non-vivant.

3) La germination, les conditions de vie et de développement des plantes

3.1) Généralités sur la germination et rôle de l'accompagnant

(¹) : Biologie tout-en-un BCPST 2e année - 2e ed: Le cours de référence, Pierre Peycru, Jean-Claude Baehr, François Cariou, Didier Grandperrin, Christiane Perrier, Jean-François Fogelgesang, Jean-Michel Dupin

(²) : http://www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/minisites/astep/PDF/guideAstep_16p.pdf

(³) : La vie des plantes, guide du maître du CE au CM, Collection Raymond Tavernier, L'éveil par les activités scientifiques, Bordas

(⁴) : Sciences expérimentales et technologies, Les Ateliers Hachette, Hachette Education

(⁵) : <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11406/semer-des-graines>

3.2) Mise en place des séances d'intervention :

(¹) : Fondation La Main à la Pâte d'après <http://www.fondation-lamap.org/fr/page/11406/semer-des-graines>

(²) : M. ZODMI Barbara, année scolaire 2010/2011, cours sur la germination.

4) La germination, les conditions de la germination et de développement de la plante.

4.1/4.2) Partie 1

(1) Barbara Zodmi enseignante en 1^{ère} année de Classe Préparatoire aux Grandes Ecoles – Technologie biologie, année 2011/2012, cours sur la Germination.

(2) Ecole Jacques-Yves Cousteau, année 2011/2012, page 9, d'après : http://cic-lucon-ia85.acnantes.fr/sitecirco/fichiers/pdf/animation/module1/CONDITIONS_DE_GERMINATION_2.pdf

4.3/4.4) Partie 2

(1) consulté le 03/01/2014 d'après : Georges DUCREUX, Hervé LE GUYADER, Jean-Claude ROLAND: *Développement (biologie) – Le développement végétal*.
<http://www.universalis-edu.com/bases-doc.univ-lorraine.fr/encyclopedie/developpement-biologie-le-developpement-vegetal/>

(2) Novembre- Décembre 2008 d'après : Françoise Saint Pierre : *Préparation à l'agrégation interne, La croissance végétale*
<http://maitres.snv.jussieu.fr/agreginterne/89/presentacroiss.pdf>

(3) Henry Adrien, Salmon Maëlle ; *L'oral de biologie aux concours BCPST*. Ellipses,2010. 336 p.

(4) Jean-Claude Baehr, François Cariou, Didier Grandperrin, Christiane Perrier et al. ; *Biologie tout-en-un BCPST 2e année - 2e ed: Le cours de référence*. Dunod ,2012. 760 p.

5) La filtration de l'eau

5.1) Partie 1

(1) http://www.watercan.com/h2oh/g8_f2-2.html

(2) <https://www.educlic.fr/>

(3) DEGREMONT, Suez, **Mémento technique de l'eau Tome 1**

(4) <http://www.scienceinschool.org/print/1131>

5.2) Partie 2

(1)http://www.wikidebrouillard.org/index.php/Filtration_d%27une_eau_boueuse

(2) <http://www.sdea.fr/index.php/Espace-pedagogique/Station-d-epuration.html>
Site internet du Syndicat des eaux et de l'assainissement du Bas Rhin

(3) « Gestion des eaux usées urbaines et industrielles », WW Eckenfelder

⁽⁴⁾ http://www.sivoa.fr/decoupes/portail_enfant/animations/chapitre4.pdf
Document pédagogique du Syndicat Mixte de la Vallée de l'Orge Aval

⁽⁵⁾ « Gestion des eaux alimentation en eau assainissement » F.Valiron, Presses de l'école nationale des ponts et chaussées.

⁽⁶⁾ http://www.ac-nancy-metz.fr/enseign/svt/ressourc/regional/station_metz/station.html