

# ENSEIGNER DE FAÇON CONSTRUCTIVISTE, EST-CE FAISABLE ?

Anne Vérin

*Nous analysons ici ce qu'en disent des enseignants engagés dans une recherche coopérative sur l'enseignement des sciences expérimentales de 8 à 16 ans. En leur demandant de parler d'une séquence qu'ils ont construite et mise en œuvre dans leur classe, nous cherchons à comprendre quelle lecture de la situation ils font et comment celle-ci oriente leurs prises de décision. Parmi les propositions élaborées dans le groupe de recherche, sur quels ressorts s'appuient-ils de façon privilégiée pour faire évoluer la pensée des enfants, comment s'ajustent-ils aux difficultés rencontrées ? Cinq études de cas s'organisent autour de l'épisode vécu par chacun des enseignants comme le plus significatif, dans le contexte d'un enseignement de la nutrition végétale en classe de Sixième. Ces études sont complétées par un panorama plus large reprenant, à partir des discours des dix-huit enseignants interrogés, les nœuds de tension rencontrés dans la mise en œuvre d'un enseignement de type constructiviste, et les compétences qu'ils disent avoir acquises à travers leur participation à la recherche.*

impact limité  
des théories  
constructivistes  
sur  
l'enseignement  
scientifique

des connaissances  
didactiques  
encore  
parcellaires

Les recherches en didactique des sciences expérimentales ont montré la grande résistance des représentations et des modes de pensée des élèves, qui peuvent se constituer en obstacles à la construction des connaissances scientifiques. Elles ont élaboré des modalités pour leur prise en compte dans l'organisation de l'enseignement en vue d'améliorer son efficacité. Les résultats convergents de ces travaux, et la perspective constructiviste qu'ils contribuent à étayer, rencontrent un intérêt certain dans les milieux de formation. Cependant ils semblent avoir une influence plus faible sur les pratiques habituelles de l'enseignement des sciences. Plusieurs raisons peuvent être avancées pour l'expliquer. Tout d'abord, la conduite d'un enseignement centré sur les idées des élèves demande à la fois une maîtrise des contenus à enseigner et une bonne connaissance des représentations et modes de pensée des élèves ainsi que des activités pertinentes pour les faire évoluer. Or, si de nombreux champs conceptuels ont fait l'objet d'études (1), les

- (1) Voir par exemple, pour ne citer que quelques ouvrages de synthèse parmi les plus récemment parus en langue française : Astolfi J.-P. et al. (1997), *Mots-clés de la didactique des sciences*, Bruxelles : De Boeck ; Giordan A., Girault Y., Clément P., eds (1994), *Conceptions et connaissances*, Berne : Peter Lang ; Toussaint J. et al. (1996), *Didactique appliquée de la physique-chimie*, Paris : Nathan ; Robardet G. et Guillaud J.-C. (1997), *Éléments de didactique des sciences physiques*, Paris : PUF ; Viennot L. (1996), *Raisonner en physique ; la part du sens commun*, Bruxelles : De Boeck.

un changement radical des conceptions de l'enseignement

des contraintes dont il faut tenir compte

la parole d'enseignants engagés dans une recherche

recherches didactiques sont encore trop peu développées pour proposer des connaissances relatives à l'ensemble du curriculum scolaire et directement transposables à l'enseignement. Une deuxième raison tient à la rupture épistémologique et méthodologique que ce type d'enseignement nécessite (Robardet, 1994 et dans ce numéro). Les enseignants sont amenés à changer, non seulement leurs conceptions de l'apprentissage et de l'enseignement scientifique, mais aussi les façons d'enseigner qu'ils ont formées au cours des années et dans lesquelles ils se montrent compétents, pour s'aventurer dans de nouvelles modalités incertaines. Enfin les propositions d'enseignement issues de la recherche sont parfois élaborées dans des conditions d'enseignement privilégiées, hors des contraintes de la situation réelle, ce qui est nécessaire pour l'avancement des connaissances mais rend leur généralisation problématique.

Avec en perspective cette dernière raison, une recherche de l'INRP a choisi de se placer dans les conditions habituelles d'enseignement en associant près de vingt enseignants à toutes les phases de la recherche.

La recherche explore une des modalités possibles de la prise en compte des représentations des élèves : la mise en œuvre, avec des élèves de 9 à 16 ans, de séquences centrées sur des "objectifs-obstacles" (Martinand, 1986) dans le champ des transformations de la matière. Sont abordés en particulier, en physique les états de la matière, en chimie la réaction chimique et en biologie la respiration et la nutrition. Les séquences de classe conçues et expérimentées sont le résultat de compromis entre raisons théoriques et contraintes de divers ordres. C'est en effet nécessaire pour examiner comment les hypothèses théoriques résistent dans le contexte complexe de la classe et quels sont les obstacles aux transformations projetées. Les analyses produites ont donné lieu à de nombreuses publications des chercheurs et des enseignants associés (2).

Pour apporter un autre éclairage à la question de la faisabilité des propositions de la recherche, nous nous sommes intéressés à la façon dont les enseignants ont vécu cette forme d'enseignement. Cette enquête complémentaire peut aider à comprendre la logique des prises de décision, le poids des difficultés rencontrées en situation, les éléments moteurs, et plus généralement les conditions qui paraissent nécessaires aux acteurs pour que des modalités d'enseignement s'inscrivent dans un paradigme constructiviste soient réalisables.

---

(2) Recherche "Objectifs-obstacles et situations d'apprentissage dans le champ conceptuel des transformations de la matière". Voir Astolfi, Peterfalvi (1993) ; Peterfalvi, Vérin (1996) et plusieurs articles dans les numéros 24 et 25 de la revue *Aster*.

## 1. QUESTIONS ET MÉTHODOLOGIE DE L'ENQUÊTE

- **Des situations d'apprentissage visant un dépassement des obstacles, mode d'activité didactique particulier dans un modèle composite constructiviste**

<p>apprendre c'est passer de système de pensée en système de penser...</p>	<p>Il est nécessaire de donner d'abord quelques éléments de la problématique de la recherche à laquelle les enseignants ont participé pour comprendre le contexte dans lequel ont été conçues les séquences dont ils parlent.</p> <p>La construction de connaissances scientifiques est conçue comme un processus spiralaire qui engage des réorganisations du système d'idées des élèves et rencontre des obstacles qu'il s'agit de déconstruire. Cette conception s'oppose à l'idée selon laquelle l'apprentissage est linéaire, chaque leçon devant conduire à un acquis qui vient s'ajouter aux précédents pour aboutir à un savoir de façon cumulative. <i>Le savoir à enseigner</i> est défini en termes de niveaux de formulations et mis en relation avec les <i>obstacles épistémologiques</i> relatifs au champ conceptuel des transformations de la matière, aux trois niveaux d'enseignement, école, collège et lycée, de façon à sélectionner ceux qu'il est important de dépasser à un moment donné du cursus.</p>
<p>... au prix de ruptures</p>	<p>La résistance des obstacles, que l'on voit resurgir régulièrement dans de nouveaux contextes d'apprentissage, justifie l'organisation de <i>dispositifs</i> centrés sur des objectifs-obstacles. Ceux-ci répondent à une logique spécifique articulant deux termes en tension. Ils demandent aux enseignants de tenir fermement à leur projet d'enseignement alors que précisément ils peuvent s'attendre à une résistance des élèves à abandonner les idées qui font obstacle à ce projet. Ils demandent en même temps de mettre les idées des élèves au centre du débat et de négocier des activités et des connaissances qui prennent du sens pour eux. C'est bien à la "<i>question de la construction du sens</i>" (Johsua, 1989) que ces dispositifs cherchent à répondre, en tentant de définir des conditions dans lesquelles les situations sont à la fois très maîtrisées, visant des effets en conformité avec le rapport au savoir scientifique déterminé par l'institution, et suffisamment ouvertes pour définir à l'élève un "<i>espace de construction du sens</i>". L'enseignant est ainsi amené à prendre en compte dans une même action différentes exigences qui peuvent paraître antagonistes. Il doit s'inscrire dans un système de tensions portant sur les dimensions suivantes :</p>
<p>acquérir des connaissances scientifiques définies par l'institution...</p>	
<p>... qui prennent du sens pour les élèves</p>	
<p>des dispositifs pilotés par des objectifs- obstacles...</p>	
<p>... où l'enseignant doit gérer des exigences en tension</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- logique de déstabilisation cognitive et logique d'élaboration d'une nouvelle connaissance ;</li> <li>- action à court terme et travail sur des obstacles qui résistent à long terme ;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- confrontation d'idées conflictuelles et coopération pour la recherche d'une explication acceptée par tous ;</li> <li>- co-construction par le groupe classe et construction individuelle.</li> </ul>
la flexibilité nécessaire	<p>La recherche propose des scénarios de séquences, certains ont été construits à l'avance et d'autres ont été mis au point au fur et à mesure à partir d'une trame et d'un projet didactique préétabli. Mais dans tous les cas, une flexibilité est nécessaire dans la gestion de la classe, de façon à s'adapter au cheminement du groupe classe particulier.</p> <p>Les <i>activités intellectuelles</i> sollicitées de la part des élèves demandent une forte implication personnelle, puisqu'il s'agit que les élèves mettent en jeu leurs propres systèmes explicatifs et les modifient. Un climat coopératif instaurant des échanges et des confrontations des idées est en contrepartie nécessaire pour rendre cet investissement possible, et permettre que les erreurs jouent un rôle de point d'appui pour la progression des connaissances. On s'attend à un processus d'apprentissage non linéaire avec régressions et réorganisations.</p>
l'implication des élèves	<p>Trois types d'activités cognitives sont visés, de façon complémentaire mais pas nécessairement successive, à travers les tâches proposées aux élèves : la <i>déstabilisation</i> de leur système explicatif, la <i>construction</i> d'un nouveau système explicatif et l'<i>identification</i> des idées qui ont joué comme obstacle à cette nouvelle connaissance.</p>
un climat de coopération	<p>Loin d'être le seul mode d'enseignement envisagé, les séquences pilotées par l'obstacle sont conçues comme complémentaires des séquences pilotées par la situation, la notion, la démarche ou la production (Astolfi et al., 1997). La diversité de modes de commandes permet d'organiser les activités de façon raisonnée en fonction d'une priorité identifiée, mais c'est l'ensemble qui concourt à la réussite de l'enseignement.</p>
un modèle d'enseignement composite associant une diversité de modes d'action didactique	<p><b>• Le recueil du point de vue d'enseignants sur leur pratique</b></p> <p>Des entretiens semi-directifs ont été conduits à l'issue de la recherche avec dix-huit professeurs associés à la recherche. Ces enseignants ont choisi de participer à cette recherche sur la base d'une adhésion au paradigme constructiviste. Ils ont participé pendant quatre ans à toutes les phases de la recherche : élaboration théorique, analyses des contenus à enseigner et des représentations des élèves, choix des objectifs-obstacles, mise au point des dispositifs et essais successifs dans leurs classes, recueil et analyses des corpus, pour certains rédaction d'articles.</p> <p>Le protocole de questionnement et le mode de relance adoptés visent à susciter un discours sur les pratiques, et sur les raisons qui ont guidé les prises de décision.</p> <p>Trois niveaux d'expression sont sollicités :</p>
les propos d'enseignants...	

... sur leur  
pratique  
d'enseignement  
...

- la description du déroulement de la dernière séquence conduite par l'enseignant dans le cadre de la recherche sur les objectifs-obstacles,
- le vécu de l'enseignant dans la situation avec un regard rétrospectif sur les réussites et difficultés rencontrées et les façons d'y faire face,
- les jugements sur les conditions de faisabilité du travail d'obstacle en situation réelle.

... dans  
une perspective  
constructiviste

Les discours recueillis sont lus de façon comparative et confrontés à un ensemble de données disponibles par ailleurs (relevés d'observations, enregistrements, productions d'élèves), dans une approche compréhensive qui cherche à rendre compte des principes organisateurs de la conduite de la classe.

#### **• Moteurs et freins pour un enseignement constructiviste**

la question  
de la faisabilité  
scolaire de cette  
modalité  
d'enseignement

On peut considérer ici que le travail didactique des obstacles joue comme révélateur de nœuds de difficultés dans la conduite de la classe, difficultés qui existent dans tout enseignement constructiviste, mais qui restent souvent masquées. Le choix délibéré de s'affronter aux obstacles à l'acquisition de concepts scientifiques, accompagné de la résistance à changer de système de pensée des apprenants, les met au premier plan. Il met en évidence également les éléments qui peuvent jouer un rôle moteur chez les enseignants. Les analyses proposées peuvent ainsi contribuer, au-delà du contexte particulier, à une meilleure connaissance des problèmes rencontrés dans la conduite de la classe à l'intérieur du paradigme constructiviste. Elles éclairent les contraintes dont il faut tenir compte dans le contexte habituel de l'enseignement.

moteurs et freins  
dans la gestion  
de la classe

En nous intéressant à des enseignants engagés dans un processus de transformation de leur enseignement en lien avec une théorisation didactique, nous nous proposons de mieux comprendre la logique des différentes situations pédagogiques mises en œuvre, par rapport aux transformations des conceptions de l'enseignement et de l'apprentissage qu'elles engagent. Nous cherchons à éclairer la façon dont elles sont vécues et dont elles retentissent sur l'image de soi comme professionnel de l'enseignement. Certaines des difficultés exprimées peuvent être interprétées en termes de tension entre le modèle pédagogique de référence de la recherche, dont les enseignants expérimentateurs partagent au moins globalement les présupposés théoriques, et un modèle pédagogique dominant qui joue de façon externe en organisant la réalité scolaire et qui peut rester partiellement intériorisé par ces mêmes enseignants.

les conceptions  
de  
l'enseignement  
scientifique

Il s'agit de comprendre la logique de l'acteur et de différencier des logiques différentes à l'intérieur du paradigme constructiviste. Plutôt que de le considérer de façon monolithique en l'opposant à un enseignement transmissif tout

cinq épisodes, un même contenu : la nutrition végétale	aussi monolithique, on cherche à préciser différentes conceptions en acte dans ce contexte.
des logiques d'enseignement diversifiées	Pour pouvoir envisager comment le pilotage se fait par rapport au contenu conceptuel, nous nous intéresserons dans un premier temps à cinq enseignants qui ont conduit des séquences sur la nutrition végétale en classe de Sixième. L'analyse se centrera sur les épisodes critiques (Nott et Wellington, 1995) qui prennent un relief particulier dans chacun des entretiens.
dépasser la déstabilisation affective	Les trois premiers enseignants ont construit une trame commune, mais chacun a mis en œuvre une version personnelle de ce scénario. On verra que ce ne sont pas les mêmes activités qui leur ont paru jouer un rôle déterminant dans l'évolution de la pensée des élèves. Les deux enseignantes suivantes ont affronté un moment de désarroi des élèves face à la mise en question de leurs idées et l'ont heureusement résolu d'une manière personnelle. Nous proposerons une interprétation de ces épisodes par rapport à ce qui se joue au niveau des savoirs, de l'enseignement et de l'apprentissage dans le champ conceptuel considéré.
vue d'ensemble sur les tensions vécues	Ces cinq études de cas mettent en évidence des nœuds de difficultés que l'on retrouve dans l'ensemble des entretiens. Nous appuyant sur une lecture transversale des dix-huit entretiens, nous proposerons une vue d'ensemble sur les principales tensions et les différentes positions adoptées pour les résoudre.
les effets de formation	Enfin, la participation à la recherche, par le développement d'expertises qu'elle permet, donne des outils et des compétences pour fonctionner efficacement par rapport à ces difficultés. Ce qu'en disent les enseignants peut donner des pistes pour définir des besoins de formation (3).

## 2. DES "LEVIERS" DIFFÉRENTS SELON LES ENSEIGNANTS

Dans la recherche, les séquences mises en œuvre ont été planifiées de façon variable : parfois au fur et à mesure du déroulement des activités de classe, à partir d'analyses conduites par un petit groupe d'enseignants entre chaque séquence, et parfois à partir d'un scénario établi en commun au préalable. Nous nous intéresserons ici à une séquence réalisée à partir d'un scénario bâti au préalable, après plusieurs essais, et qui reposait sur plusieurs activités prévues comme "leviers" pour l'apprentissage. Cette

un scénario élaboré en commun

(3) Martine Delrue, Pierre Moral, Dominique Noisette et Richard Topczinsky ont participé à cette analyse dans le cadre de mémoires du DEA "Enseignement et diffusion des sciences et des techniques", LIREST, ENS de Cachan. L'analyse plurielle des entretiens a facilité la distanciation nécessaire, condition d'objectivité dans une méthodologie de recherche de type herméneutique (Astolfi, 1993)

trois variantes  
dans la gestion  
de la classe...

... et la lecture  
du déroulement  
de la séquence

dioxyde  
de carbone,  
un gaz toxique ?

séquence a été analysée du point de vue de la stratégie didactique (Astolfi, Peterfalvi, 1997) et du point de vue des parcours d'apprentissage d'élèves dans ce contexte (Sauvageot-Skibine, 1997). Nous l'analysons ici du point de vue des enseignants qui l'ont mise en œuvre. L'épisode qui a joué un rôle déterminant pour l'apprentissage diffère pour chacun. On le voit dans les variantes que chacun a introduites par rapport au scénario préalable, que nous connaissons par les descriptions données dans les entretiens et par les données recueillies pour la recherche qui confirment ces descriptions. Les explications de leur action et les interprétations de ce qui se passe pour les élèves manifestent des logiques d'action et un cadre interprétatif que nous tenterons de caractériser sous la forme de trois études de cas successives.

L'objectif visé par la séquence est la compréhension du double statut du dioxyde de carbone pour les plantes vertes, gaz respiratoire rejeté et gaz nutritif absorbé. Toutes les études montrent que les élèves de Sixième ont du mal à construire l'idée que le dioxyde de carbone intervient dans la synthèse de la matière de la plante. Un réseau d'obstacles intervient pour empêcher cette construction conceptuelle : l'alimentation est conçue comme une ingestion de matière, la matière est liquide ou solide, mais certainement pas gazeuse, les gaz n'interviennent que dans les échanges respiratoires, le CO<sub>2</sub> est toxique.

Une description du dispositif mis au point pour déconstruire ces obstacles donnera les points de repères nécessaires à la compréhension de ce qu'en disent les enseignants. Sans reprendre ici le détail des activités, qui sont disponibles par ailleurs, nous nous contenterons de distinguer sept phases, exposées succinctement ci-dessous.

- (1) Expression individuelle des représentations, par le biais d'un schéma d'un pied de tomate à compléter pour figurer comment la plante se nourrit et comment elle respire, puis par la confrontation des réalisations
- (2) Mise à l'épreuve des représentations par la prévision puis la réalisation d'expériences ; établissement du caractère nutritif de l'eau et des sels minéraux
- (3) Mise en évidence de la nécessité d'un autre apport nutritif, par l'interprétation d'un texte présentant l'expérience historique de Van Helmont sous une forme simplifiée (la masse de la plante augmente sans que celle de la terre diminue)
- (4) Déstabilisation des représentations sur le rôle du dioxyde de carbone par la confrontation des prévisions des élèves sur les résultats d'une expérience de l'INRA faisant varier le taux de dioxyde de carbone dans une culture de tomates hors sol sous serre
- (5) Construction du caractère nutritif du dioxyde de carbone à partir de la confrontation des prévisions aux résultats expérimentaux (la croissance des tomates est plus rapide et plus importante lorsque le taux de dioxyde de carbone est plus élevé) ; mise en relation avec les échanges gazeux dans la respiration, étudiée précédemment (le dioxyde de carbone est un déchet de la respiration)

(6) Consolidation de la nouvelle connaissance par la construction d'invariants du concept de matière (la matière a une masse et est constituée de particules), à l'aide de l'élaboration d'une représentation du processus par lequel le dioxyde de carbone intervient dans l'augmentation de masse constatée (modèles en *Légo*, papier, schémas)

(7) Expression des nouvelles conceptions en reprenant le schéma utilisé en (1) et comparaison entre les réponses initiales et finales de façon à faire prendre conscience de l'obstacle rencontré dans le cours du travail.

Ces phases mettent en acte les trois aspects didactiques essentiels de la construction de connaissances s'appuyant sur un travail des obstacles conceptuels à cette connaissance que la recherche propose :

- la déstabilisation des idées-obstacles, avec une première phase d'explicitation des représentations et de validation des idées que l'on peut conserver (1,2), et une deuxième phase de contradiction opposée aux idées-obstacles (3 et 4) ;
- la construction conceptuelle et la mise en place d'un nouveau mode de pensée (5 et 6) ;
- l'identification *a posteriori* de l'obstacle (7).

**• Enseignante A : L'étonnement, moteur du changement de cadre explicatif individuel**

la mise en scène de la contradiction logique...

L'épisode déterminant pour l'enseignant A c'est le moment d'étonnement créé par la contradiction entre le rôle "nocif" et le rôle "positif" attribués au dioxyde de carbone. Cette contradiction provoque un intérêt fort chez les élèves et les engage à mettre en question leurs idées. Le travail est "passionné", les élèves s'investissent, proposent leurs idées et les discutent.

L'étonnement intervient d'abord dans la phase (4), lorsque le plan d'expérience de l'INRA montre que la question du rôle du dioxyde de carbone dans la croissance des tomates peut se poser ; ce qui semble absurde aux élèves puisqu'en général, pour eux, le CO<sub>2</sub> est toxique et ne peut pas jouer de rôle dans la nutrition. À l'inverse, elle signale comme un problème l'effacement de cet étonnement lorsque les résultats scientifiques sont acceptés sans discussion : "*ça peut être effectivement un blocage et, hop, remettre leurs idées en dessous*". Il y a là un risque d'évitement du conflit cognitif par une mise entre parenthèses de leurs idées.

... provoque un étonnement qui déborde la sphère cognitive

Heureusement, l'étonnement resurgit lors du deuxième épisode-clé, dans la phase (5). Lorsqu'on leur demande de mettre en relation les échanges gazeux intervenant dans la nutrition et dans la respiration ; les acquis sur le rôle du dioxyde de carbone construits isolément dans chaque cas apparaissent contradictoires. Les idées de départ resurgissent et la rupture attendue peut se produire. C'est la contradiction logique avec leurs idées propres fortement ressentie par les élèves qui lui paraît donc déterminante pour qu'ils acceptent de changer de cadre explicatif.

la variété  
des parcours  
d'apprentissage  
individuels...

... est le signe  
de l'implication  
cognitive  
des élèves

du conflit  
intracognitif  
à la construction  
sans tension

dans le contexte  
bien maîtrisé...

Ce qui a particulièrement intéressé l'enseignante A, c'est la variété des parcours individuels d'apprentissage, perceptibles dans la classe et plus finement identifiés grâce aux analyses conduites dans le groupe de recherche. Elle insiste sur leur aspect non linéaire marqué par les avancées et reculs de chacun dans la suite des activités. Elle se démarque d'un enseignement traditionnel, où *"on dit ça, ils admettent, et c'est tout"* et qui conduit à *"une construction un petit peu préfabriquée, pas très durable"*, où les connaissances sont stratifiées et l'élève *"entasse"* et *"finalement en dessous c'était ce qu'il pensait"*. Cette forme d'enseignement, à laquelle elle adhère (*"j'aime beaucoup travailler comme ça"*), permet que *"tout le monde participe"*, *"chacun essaie de faire sa construction petit à petit"*. Les hauts et les bas sont pris comme des indices de l'activité cognitive des élèves. Elle reprend en cela à son compte l'hypothèse de non-linéarité de l'apprentissage. Elle le fait également quand elle situe les limites de ce travail : *"l'obstacle est fissuré"*, *"on l'a bousculé"*, *"on a posé des jalons, mais je ne sais pas si on a fait une construction"*, ce qu'elle précise plus loin en disant que la construction reste locale et qu'on peut s'attendre à ce que l'obstacle réapparaisse. Cette forme de séquence l'intéresse et elle continue dans ce sens, en mettant l'accent sur la prise en compte des idées des élèves : *"on est sans arrêt à l'écoute, on recherche, on modifie"*.

Par rapport au modèle de référence de la recherche qui joue sur les ruptures dans la pensée, cette enseignante décrit des processus de l'ordre de la résistance des obstacles et du conflit cognitif. On peut remarquer cependant qu'elle n'emploie jamais les termes de conflit, ni confrontation, et qu'elle ne signale pas de tension ou de réaction négative chez les élèves. Elle utilise peu le mot obstacle et le fait plutôt en référence à l'analyse préalable qui oriente la construction du dispositif. Les mots-clés de la recherche qu'elle emploie le plus sont discussion et construction.

À cela, plusieurs explications sont possibles. D'une part le fait qu'elle situe ce travail dans la continuité de son enseignement antérieur, avec une longue pratique menée en collaboration avec d'autres enseignants, qui lui donne la prise de distance et l'assurance nécessaires pour accepter les régressions et les à-coups dans l'évolution des élèves comme un indice positif de leur engagement intellectuel. Assurance renforcée par le travail d'analyse conduit au sein du groupe de recherche. La déstabilisation qu'elle signale n'est pas liée spécifiquement au travail de l'obstacle mais plus généralement à la modification de la coutume didactique que son enseignement introduit. Avant que les règles du jeu ne soient bien installées, certains élèves très scolaires attendent la bonne réponse, certains parents lui reprochent de ne pas *"faire le cours"*. Mais *"je suis tellement habituée à leur dire qu'il faut faire des erreurs que je pense que maintenant c'est acquis pour eux, on peut se tromper"*.

... d'un  
raisonnement  
interactif guidé

D'autre part, comme elle semble avoir toujours gardé le contrôle du raisonnement guidé dans lequel la succession des activités engage les élèves, les phases de déstabilisation cognitive sont restées dans des limites très contrôlées. L'analyse du contenu à enseigner en relation avec les obstacles lui donne la sécurité d'atteindre l'objectif limité, qui lui paraît clairement identifié et adapté à ce niveau de classe : la construction du double statut du dioxyde de carbone dans la respiration et dans la photosynthèse.

• **Enseignante B : L'argumentation  
dans un débat contradictoire**

le débat...

Pour B, les épisodes déterminants sont les moments de confrontations entre élèves : *"Ce qui les a le plus bousculés, c'est de discuter entre eux, et de voir qu'en fait ils ne pensaient pas forcément pareil."*

La première confrontation a été organisée à partir d'un conflit entre élèves. Dans la phase (1), *"une bonne élève mais un peu timide"* présentait à la classe son schéma des entrées et sorties pour une plante verte où elle indiquait le dioxyde de carbone comme apport nutritif. L'unanimité se fait contre elle : *"mais non, mais qu'est-ce qu'on vient d'apprendre, le dioxyde de carbone, tu sais bien que c'est pour la respiration"*. Le professeur sent que l'élève est décontenancée. De tels échanges sont fréquents en classe mais jusqu'ici, dit-elle, elle ne les relevait pas. L'enseignante n'intervient pas sur le champ, elle laisse se dérouler la phase (2) qui permet aux élèves de développer leurs idées et de s'engager dans une dynamique. C'est à la fin de cette phase (2) qu'elle choisit de reprendre la contradiction des points de vue. Elle rappelle l'échange et pose la question *"est-ce qu'un gaz peut être nourriture ?"*. En donnant à la discussion la forme d'un débat entre les pour et les contre, elle introduit un aspect ludique. Cet aspect, pense-t-elle a beaucoup joué pour que les élèves s'investissent dans l'argumentation des deux idées, viennent défendre leur avis. Du coup, l'apport d'une contradiction logique par l'expérience de Van Helmont (phase 3) ne lui semble plus utile et elle la supprime. L'expérience de l'INRA et ses résultats dans les phases (4) et (5) viennent alors en prolongement du débat et prennent toute leur valeur argumentative pour permettre de trancher, et de finir de convaincre ceux qui refusaient encore d'attribuer un rôle nutritif au dioxyde de carbone. L'expérience scientifique apporte *"la vérité"* *"pour les réfractaires"*.

... pour donner  
plus de poids  
au conflit socio-  
cognitif

investissement  
cognitif  
et affectif dans  
l'argumentation

de grandes  
capacités  
d'analyse  
chez les élèves

C'est une découverte pour B, qui se montre frappée de ce *"que des élèves de Sixième soient capables, dans certaines conditions, quand on les sollicite comme ça, de réfléchir autant"*. Par contraste avec A, on voit qu'elle met l'accent sur l'argumentation entre élèves, sur le niveau interpersonnel plus qu'intrapersonnel. La confrontation avec les résul-

dans un contexte  
bien cadré

tats d'expérience lui paraît certes décisive, mais en un second temps, une fois le débat installé socialement.

Sa conception pédagogique est pour le reste très proche de celle de A. Le raisonnement est ici aussi très guidé, et c'est parce qu'elle sait que par le biais des résultats expérimentaux, puis des informations prévues dans la phase (5), elle pourra les amener à la bonne réponse qu'elle peut s'abstenir de prendre position dans ces différentes phases, et différer la résolution du conflit.

Dans le cadre d'un projet conceptuel bien cerné, et d'un travail guidé où l'expression est bien "cadrée", elle n'exprime pas d'incertitudes.

mais un dispositif  
trop lourd pour  
les conditions  
habituelles  
de classe

Pour expliquer ce qui lui paraît faisable dans les conditions habituelles d'enseignement parmi les propositions de la recherche, l'enseignante B décrit ce qu'elle en conserve après la fin de la recherche. Le projet conceptuel lui paraît cohérent, mais trop ambitieux pour la classe de Sixième. Elle préfère le limiter au travail de deux obstacles : le rôle exclusivement respiratoire attribué au dioxyde de carbone et les gaz non considérés comme matière. Elle estime que ce sont des obstacles persistants, qu'on ne peut qu'ébranler en Sixième. Et même si elle a pu constater que les élèves sont capables d'aller assez loin, elle constate aussi que ce qu'ils sont capables de produire en situation de groupe ne reste pas toujours disponible dans une production individuelle. Il lui semble de plus que la séquence sollicitait un effort de réflexion trop exigeant pour ce niveau de classe. C'est pourquoi elle ne retient pas les objectifs de modélisation particulière, ni de compréhension de l'assimilation. Sur le plan du dispositif, la phase d'identification de l'obstacle ne lui paraît pas utile. Elle retient avant tout l'organisation de confrontations, improvisées au moment où elle perçoit un conflit entre les idées des élèves, avec l'aspect ludique qui lui a paru efficace. Sa connaissance des obstacles, acquise par la recherche, lui permet de bien "cibler", "cadrer" les questions posées aux élèves. Mais, plutôt qu'une stratégie lourde, elle préfère réagir de façon impromptue, lorsque l'obstacle se manifeste, monter des séquences de confrontation lorsque des idées contradictoires sont exprimées par les élèves.

saisir  
les occasions,  
amplifier  
les conflits  
socio-cognitifs

• **Enseignant C : La modélisation comme aide  
à penser la transformation de la matière**

C'est presque en fin de travail que l'enseignant C situe l'épisode le plus riche : l'activité de modélisation (lors de la phase 6), qu'il a d'ailleurs été le seul à mettre en place.

C'est quand il leur a demandé de modéliser le processus de fabrication de la matière de la plante, avec différents supports, éléments de *Légo*, matériel utilisé pour la modélisation en chimie, papier et crayons, que les élèves se sont le plus activement investis, dit-il. Les élèves "ont bien aimé : ils ont travaillé seuls, c'est leur modèle et ils en sont fiers ; ça les a marqués", "ils m'en reparlent". La tâche comprenait deux

représenter  
concrètement  
sa compréhension  
du processus...

... met en évidence les contradictions...	aspects tout aussi importants l'un que l'autre : la réalisation matérielle des modèles, en petits groupes, et la discussion autour de ces modèles les amenant à expliciter ce que représente chaque élément et comment ils se déplacent, se lient, se transforment. Les modèles ont été repris, les élèves les ont "recassés" plusieurs fois pour arriver à représenter la transformation, et ces reprises ont joué un rôle important pour l'évolution de la pensée.
... et oblige à chercher une solution	C'est seulement à ce moment-là que certains ont pris conscience des contradictions dans leurs conceptions du phénomène et qu'ils ont essayé de les résoudre. C'est donc pour C le moment-clé où les idées initiales ont vraiment été déstabilisées et remplacées par une nouvelle construction intériorisée.
modélisation matérielle et verbalisation	Donner une forme matérielle à sa compréhension du processus lui paraît déterminant pour se construire une image mentale. Le modèle joue comme objet substitutif pour permettre de raisonner et facilite le passage d'un point de vue descriptif, centré sur les besoins de la plante, à la recherche d'explication du processus de croissance en termes de transformation de matière.
investissement des élèves...	Le professeur dans cette phase de modélisation a joué un rôle d'aide à l'explicitation de ce que les élèves avaient voulu représenter, et a apporté une aide méthodologique pour le raisonnement en rappelant que les modèles devaient rendre compte de l'augmentation de masse lors de la croissance.
... mis en danger dès que les élèves manquent de maîtrise	Sa forte préoccupation de créer les conditions pour un investissement des élèves se voit <i>a contrario</i> lorsqu'il décrit, dans un essai antérieur, un épisode négatif. Le texte décrivant l'expérience de Van Helmont (phase 3) était dans sa première version assez difficile à lire. La situation familière de manque de maîtrise a provoqué la passivité chez les élèves. Ils n'ont plus cherché à comprendre mais, pour la plupart, se sont contentés d'attendre "la solution" en disqualifiant leurs idées : "je me suis trompé" s'est substitué au "pourquoi". Travaillant sur une version du texte plus accessible l'année suivante, les élèves ont cette fois vécu la mise en défaut de leurs idées (la plante tire sa nourriture de la terre) comme un défi, ils ont cherché activement à comprendre d'où pouvait provenir l'augmentation de la masse de la plante : " <i>Je sentais une résistance, ils ne trouvaient pas... Ils suivaient réellement, c'était plus fort qu'eux.</i> "
un seuil dans le degré de difficulté	Il est de fait le seul des trois enseignants à avoir mis en place cette phase du scénario. Alors que les deux autres enseignantes ont estimé que l'on dépassait là les possibilités des élèves et les demandes du programme, lui, au contraire, est frappé par l'inventivité des élèves et leur forte mobilisation.
réseau d'obstacles plus large que pour A et B	Le réseau d'obstacles sur lequel cet enseignant travaille est plus large que pour les enseignants A et B : aussi bien en amont (l'obstacle selon lequel la terre nourricière tient lieu d'unique source nutritive) qu'en aval (croissance conçue comme juxtaposition de matière sans intégration des

une situation plus ouverte

plus d'insécurité

apports à la matière de la plante). Tout en étant très sensible aux limites de ce que les élèves ont construit, il en est satisfait puisqu'il y a eu progrès intellectuel. Constaté en fin de travail que certains obstacles résistent (la nouvelle matière vivante construite s'ajoute telle quelle à la matière préexistante de la plante pour certains élèves) ne lui paraît pas remettre en cause le travail, puisqu'ils ont compris que le processus n'était pas un mélange mais une transformation. Ces représentations correspondent à ce qu'ils étaient capables de faire à ce moment-là, c'est un niveau de formulation provisoire, qui pourra évoluer dans la suite de la scolarité.

#### • Variations sur un même thème

un mode d'enseignement apprécié

les objectifs sont atteints

les obstacles sont ébranlés mais non supprimés...

... comme prévu, mais pourrait-on faire mieux ?

rôle des interactions sociales : co-construction (C)

explicitation individuelle sous le contrôle du groupe (A)

Un des traits qui ressort des trois entretiens est la satisfaction que leur a donnée ce type d'enseignement. Le choix des objectifs-obstacles paraît pertinent à ces enseignants, il leur permet de donner une cohérence au projet d'enseignement. Les analyses préalables leur ont donné des outils pour comprendre les idées des élèves, et pour créer les conditions d'une mobilisation cognitive. Ils estiment que les activités ont bien conduit, comme c'était le but recherché, à des réorganisations du système d'idées des élèves.

En accord avec les propositions de la recherche, ils constatent la résistance des obstacles, qui ne sont pas et ne pourront pas être dépassés au terme d'une séquence, si bien conçue soit-elle. Cette résistance est interprétée comme un indice de la pertinence du choix, elle confirme qu'il s'agit bien d'obstacles importants qui justifient qu'on leur consacre un temps important.

Chacun en tire cependant des conséquences différentes. Les enseignantes A et B limitent leur ambition à la déstabilisation d'un obstacle principalement : le caractère nocif attribué au dioxyde de carbone, et à la construction du double statut respiratoire et nutritif du dioxyde de carbone. L'enseignant C, quant à lui, choisit de travailler un réseau plus large d'obstacles pour mieux les déstabiliser ; les constructions conceptuelles visées portent sur une explication en termes de transformation des substances.

Dans le cadre du même schéma pré-construit, les leviers privilégiés par chacun diffèrent : mise en contradiction des idées individuelles pour A, enjeu social dans des séquences de confrontation pour B, élaboration d'une image mentale à l'aide d'une représentation concrète pour C.

Les enseignants font tous les trois jouer un rôle important aux interactions sociales, mais mettent en jeu des types de co-élaboration différents, avec des dynamiques productrices de changement plus diverses et non limitées au conflit socio-cognitif au sens strict (Gilly, 1988). Pour C, c'est une co-construction où l'élément moteur est avant tout l'élaboration d'une solution commune, pour A une confrontation où la manifestation des désaccords renvoie chacun à son propre système de pensée ; dans ces deux cas, le groupe

conflit socio-cognitif (B)

joue plus un rôle de contrôle que de déstabilisation. C'est seulement pour B que l'on peut parler de conflit socio-cognitif – même si elle-même n'emploie ce terme qu'une fois (*"le fameux conflit"*) – dans la mesure où il s'agit de confrontations contradictoires avec désaccords argumentés, suivis d'une tentative de recherche de dépassement des oppositions.

gérer l'imprévu

Une des composantes de la compétence d'enseignement est de savoir décider dans l'instant, en fonction des multiples paramètres de la situation réelle, des ajustements nécessaires et de puiser pour cela dans le répertoire des activités dans lesquelles l'enseignant se sent à l'aise et qu'il investit personnellement. Tochon (1993) relève qu'un des traits de l'expertise des enseignants est de savoir utiliser son expérience pour gérer l'imprévu.

un dispositif prévu dans le détail...

Ici, le scénario était défini de façon très détaillée, la succession des tâches et les documents de travail avaient été prévus à l'avance. Même ainsi, on voit que la marge d'adaptation reste grande. C'est très important pour le travail didactique des obstacles. Par hypothèse, le travail des obstacles doit être en prise avec les conceptions des élèves, d'où la nécessité d'infléchir le scénario en fonction des propositions des élèves. Les dispositifs doivent être ouverts et permettre de laisser jouer la créativité des acteurs dans la situation : pour que ce que les élèves disent et font ait un impact, change le cours des activités en classe ; pour que l'enseignant fasse jouer son inventivité en fonction de la lecture qu'il fait de la situation et de sa personnalité. C'est peut-être cet investissement personnel des différents acteurs qui est le facteur de réussite le plus important. Nous rejoignons ici Meirieu (1995) : la nécessaire *"obstination didactique"* conduit à structurer la situation en tentant d'en traquer l'aléatoire jusqu'à ce qu'elle fonctionne à coup sûr – pour optimiser l'apprentissage. Car, dit-il, on n'investit un dispositif que si on y croit jusqu'au bout. Mais en gardant une *"double distance"* avec ce qu'on a organisé car le montage ne sera efficace *in fine* que moyennant la liberté d'un sujet, l'élève, qui ne doit rien en échange. *"Tout prévoir sans avoir tout prévu, tout organiser en laissant la place à l'imprévisible."*

... qui laisse une place à la créativité des acteurs

Chacun investit plus particulièrement certaines des activités prévues, et ce sont ces activités qui lui paraissent jouer un rôle moteur décisif pour l'apprentissage dans la dynamique de sa classe. Ceci indique les limites dans lesquelles une recherche didactique doit probablement se situer : plutôt que de proposer des protocoles à appliquer, elle a intérêt à proposer des possibles dont chaque enseignant pourra se saisir en les adaptant à sa convenance.

### 3. MISE EN JEU DES IDÉES DES ÉLÈVES ET PRISE DE RISQUE

registre cognitif  
et registre affectif  
sont liés

Le travail des obstacles conceptuels modifie la coutume de la classe (Balacheff, 1988) et vise à instaurer un "*nouveau métier d'élève*" (Perrenoud, 1994) avec en particulier la transformation de la classe en un lieu collectif d'apprentissage et une plus grande implication personnelle des élèves. Il demande que les élèves acceptent de mettre en jeu leurs idées personnelles et donc de s'exposer. Cela représente une prise de risque qui peut donner lieu à diverses réactions de refus ou de contournement de l'apprentissage, et parfois des réactions émotionnelles fortes.

mise en  
évidence de  
l'écart entre  
idées des élèves  
et projet de  
l'enseignant

Chez les enseignants aussi, encourager l'expression de la pensée des élèves, même si c'est vécu comme nécessaire, peut engendrer un désarroi dans la mesure où cela fait apparaître clairement le décalage entre les différentes idées qui sont réellement disponibles pour les élèves, dans leur diversité généralement masquée par le niveau de l'élève moyen visible habituellement, et l'écart entre les représentations des élèves et le savoir à construire.

de l'erreur  
comme faute...

Surtout, prendre appui sur les représentations et modes de pensée des élèves, c'est mettre à jour des erreurs et même, dans le cas du travail sur les obstacles, leur donner une place centrale dans les activités de classe. Mais il s'agit de rompre avec le statut de l'erreur comme idée fautive à rectifier, ou même comme faute entraînant un sentiment de culpabilité au-delà de la tâche cognitive délimitée. L'erreur prend le statut d'une information utilisable pour faire progresser la pensée dans un processus d'apprentissage, souvent interprétable comme l'indice d'un progrès à un moment antérieur. Cette modification de statut n'est pas anodine, elle demande une modification de la relation au savoir (Favre, 1995). Or cela entre en conflit avec l'image du métier d'enseignant qui fonde l'expertise professionnelle sur la maîtrise et la transmission de connaissances scientifiques exactes : un bon enseignant peut-il accepter de laisser s'exprimer des erreurs, peut-il suspendre le moment où seront construites des connaissances acceptables sur le plan scientifique, et prendre le risque de ne pas y parvenir et de rester englué dans l'obstacle ?

... à l'erreur  
comme  
information :

deux conceptions  
de l'apprentissage  
scientifique

Les deux cas suivants rapportent des épisodes vécus comme des conflits par les enseignantes qui, face à des réactions d'élèves déstabilisantes, se sont senties en difficulté par rapport à leur option constructiviste, et qui ont réussi finalement à dénouer la situation.

- **Enseignante D : Désarroi dans une phase de confrontation**

Comme dans le scénario mis en œuvre par les trois enseignants précédents, l'enseignement porte sur la nutrition végétale en classe de Sixième, mais les choix d'objectifs-obs-

croissance spontanée propre au vivant...	<p>tacles sont différents. L'objectif de l'enseignante est ici de faire comprendre aux élèves que la croissance implique une augmentation de masse, qui nécessite des entrées, et que ces entrées, cette matière extérieure utilisée, se transforment pour former la matière dont est constituée la plante. Plusieurs idées partagées généralement par les élèves de cet âge font obstacle à cette construction : une conception vitaliste qui envisage la croissance comme un phénomène naturel propre aux êtres vivants, qui n'a pas besoin d'être expliqué ; un modèle spontané de la matière comme des éléments qui se combinent par juxtaposition sans transformation, les entrées venant s'ajouter à la matière de la plante ; une conception selon laquelle la matière vivante est radicalement différente de la matière non vivante (Goix, 1997).</p>
... ou apports de matière et transformation	<p>Un travail est engagé sur plusieurs séances, qui comporte des expériences sur les besoins nutritifs des plantes, des activités de pesage des plantes puis de pâte à modeler, proches des situations piagétienne destinées à consolider l'acquisition de lois de conservation de la matière et à comprendre qu'elles s'appliquent également aux plantes. Il est ensuite demandé aux élèves de représenter une plante en croissance en utilisant au choix pâte à modeler, boules de cotillon ou éléments de <i>Légo</i>. On peut repérer trois types de modèles : l'eau et des sels minéraux sont représentés par des couleurs différentes de la plante et restent à l'extérieur de la plante ; des éléments "plante" et des éléments "eau" et "sels minéraux" sont intercalés ; la plante est représentée par un mélange de couleurs. L'épisode critique intervient dans la phase de présentation à la classe des modèles de chaque groupe. Le professeur s'attend à ce que les contradictions entre les différents modèles soient relevées et donnent lieu à un débat entre élèves. Or chaque groupe présente son modèle sans tenir compte des autres, aucune comparaison ou contestation ne s'exprime, la discussion ne s'installe pas. Les élèves semblent attendre du professeur qu'il tranche, qu'il donne son verdict et approuve ou désapprouve les modèles présentés. L'enseignante perçoit que certains élèves se sentent "désarçonnés", "coupables", "diminués". Elle-même est "désarmée" : "je ne savais pas quoi répondre, je ne voulais pas dire : c'est faux, c'est vrai". Elle ne dit donc rien, et la séance se termine sur un sentiment d'insatisfaction partagé.</p>
représenter une plante en croissance	<p>Cet épisode est intéressant car c'est un moment où la coutume didactique qui encourage les élèves à penser par eux-mêmes est mise en danger. Il serait facile de glisser dans la coutume à laquelle les élèves sont habitués par leur expérience scolaire, de rectifier les idées fausses et d'apporter la connaissance. L'enseignante D ne le fait pas et justifie son choix par rapport à ses options constructivistes. Donner une bonne réponse casserait la dynamique qu'elle a instaurée jusqu'ici. Le risque est que les élèves dont les réponses seraient jugées fausses se sentent disqualifiés et renoncent à mettre en jeu leurs idées, recréant le cloisonnement qu'elle</p>
pas de contestation, les élèves restent muets...	
... et attendent la "bonne réponse"	
fuite de l'activité cognitive ?	

a justement voulu casser entre leurs idées, gardées inchangées dans le domaine privé, et les connaissances exactes mais réservées au domaine scolaire. Le travail des obstacles serait ainsi évité, la tâche des élèves se limiterait à tenter de deviner la bonne réponse, connue de l'enseignant. Cette enseignante est particulièrement attentive au risque de retomber dans le schéma transmissif habituel. Elle y revient à plusieurs reprises dans l'entretien. Elle explique ainsi qu'elle a constaté lors d'essais antérieurs que la tâche de produire des schémas, lorsqu'elle intervient avant que la dynamique soit bien installée, est vécue comme une demande traditionnelle qui tend à ramener les élèves dans un rôle passif. Le choix d'un matériel inhabituel a justement pour fonction d'éviter ce risque.

refuser  
de répondre est  
difficile à assumer

Cependant D rapporte qu'elle se sent très déstabilisée, elle a l'impression de faillir à son rôle de transmission de connaissances, sur lequel elle a construit son image de la compétence d'enseignement. Le schéma habituel (question, réponse, correction de la réponse) reste une référence qui entre ici en conflit avec le nouveau rôle qu'elle s'est fixé. Laisser une question sans réponse, terminer une leçon sans faire en sorte qu'elle se conclue sur une connaissance nouvelle, énoncée et écrite dans le classeur des élèves, va à l'encontre du modèle habituel de la bonne leçon, et c'est difficile à assumer.

insérer  
la contestation  
dans une tâche  
de coopération...

La réponse qu'elle apporte à cet épisode critique lors de la séance suivante lui permet de retourner la situation et de renforcer en définitive la mobilisation cognitive des élèves. Elle consiste à demander à la classe d'élaborer ensemble un nouveau modèle qui soit pertinent pour rendre compte de la croissance, en sélectionnant des éléments des modèles de chaque groupe (4). La nouvelle activité diffère de la précédente (exposés et discussion) sur quatre points.

... fait rebondir  
la mobilisation  
cognitive  
des élèves

- La tâche assigne à la discussion un but collectif (la coopération pour produire un modèle unique) et une procédure (la sélection d'éléments pertinents dans les productions précédentes).

- L'enseignante dans cette situation intervient sur la procédure et non sur le fond, et demande que la sélection soit opérée en tenant compte de deux critères élaborés par la classe dans une phase précédente : pour qu'on puisse parler de croissance, il faut qu'il y ait une augmentation de masse et des entrées.

- Elle encourage l'explicitation de chaque point de vue et la compréhension mutuelle.

- Elle valorise toutes les contributions.

Le jugement porté par D sur la séquence est globalement positif. La discussion est cette fois très productive. Les modèles des petits groupes deviennent un fonds commun de

(4) La séquence analysée dans l'article déjà cité (Goix, 1997) est postérieure à celle-ci. Tirant les enseignements de cet essai, elle comprend deux phases de débat et va plus loin dans le même sens.

critique des idées  
sans critique  
des personnes

un niveau  
de formulation  
du savoir  
scientifique  
négocié

ressource, ils sont examinés sereinement sans que les individus qui les ont produits ne se sentent jugés et mis hors jeu, personne ne se sent "lésé". Le processus d'élaboration conceptuelle est pris en charge par les élèves, la dynamique est maintenue et même renforcée car elle sent que les élèves sont très contents et désireux de participer.

Enfin, elle assure son rôle d'expert qui garantit que la construction est acceptable sur le plan scientifique, de deux façons : en demandant tout au long de la discussion le respect des deux critères définis et la cohérence de l'argumentation, et en validant par son acceptation la construction finale. Au terme de la séance, la classe a construit une explication satisfaisante de l'augmentation de la masse de la plante au cours de la croissance. Le niveau de conceptualisation atteint, bien que variable selon les élèves, représente un progrès par rapport aux objectifs-obstacles choisis.

Un nouveau problème apparaît alors : la réponse élaborée par la classe est négociée en fonction de ce que les élèves sont capables de construire à ce moment-là, c'est un niveau de formulation à la fois acceptable pour eux et acceptable d'un point de vue scientifique et qui constitue un progrès pour les élèves. Mais ce n'est pas la formulation la plus canonique que l'on pourrait proposer dans un modèle transmissif. L'enseignante exprime une certaine insécurité à ce sujet, tout en étant convaincue de la plus grande efficacité pour les élèves de cette démarche. L'appartenance au groupe de recherche joue fortement pour lui permettre de maintenir une bonne image de sa compétence professionnelle, sur des critères différents de ceux communément partagés par ses collègues et dont elle-même trouve parfois difficile de se distancier.

• **Enseignante E : Agressivité dans une phase de retour sur les représentations de départ**

croissance =  
augmentation  
de masse =  
apports nutritifs

Les obstacles visés avec la classe de E sont voisins de ceux de la classe de D : pour certains élèves la "terre nourricière" est conçue comme un tout indifférencié (dans ce cas, il n'y a même pas l'idée de la nécessité d'apport nutritif pour la croissance de la plante), pour d'autres les éléments nutritifs ne peuvent que venir de la terre, ils se juxtaposent à la matière plante pour la compléter par addition, sans transformation. L'objectif est cependant moins ambitieux, adapté au niveau très faible des élèves de cette classe de Sixième. Il s'agit de construire l'idée que la croissance correspond à une augmentation de masse, qu'elle nécessite l'apport d'éléments nutritifs, mais on ne cherche pas à déstabiliser l'idée d'addition juxtaposée de matière, ni à expliquer le processus en termes de transformation, ce niveau d'explication sera abordé en classe de Cinquième (Szterenbarg, Vérin, 1997).

À la suite d'un travail impliquant la formulation d'hypothèses, la conception et la réalisation d'expériences pour répondre à la question "une plante peut-elle pousser sans terre ?", la classe aboutit à une conclusion provisoirement

- satisfaisante : une plante a besoin d'eau, de sels minéraux, de lumière, mais on peut remplacer la terre. Le rôle du dioxyde de carbone sera introduit ultérieurement.
- pour les élèves :  
rencontrer  
leur erreur
- C'est ici qu'intervient l'épisode critique : avant de passer à l'étape suivante, l'enseignante demande aux élèves de reprendre leurs premiers écrits et d'examiner les explications qu'ils donnaient au départ. En majorité ils avaient exprimé l'idée que la terre était indispensable à la croissance des plantes. Des réactions vives sont exprimées : *"Voilà, vous êtes contente, on s'était bien plantés."* Les élèves s'étaient fortement investis dans la construction nouvelle et y étaient attachés. E ressent ce moment comme très violent. Les élèves, en somme, lui reprochent de les avoir engagés à risquer leur pensée pour ensuite les ramener à leur condition de mauvais élèves qui se trompent et qui sont nuls. Son intention était au contraire de leur faire prendre conscience du chemin parcouru, et de consolider par là la nouvelle acquisition. C'est ce qu'elle explique aux élèves, mais cela lui paraît insuffisant. Il y a tout un travail de *"réparation"* à faire, dit-elle, pour que le conflit ne soit pas destructeur pour ces enfants qui sont à vif.
- pour  
l'enseignant :  
mesurer  
les progrès  
accomplis
- À la séance suivante, E leur propose dans ce but de travailler par groupes sur un tableau photocopié qui reprend les formulations des élèves, de façon anonyme, et de dire ce que chacune permet d'expliquer et empêche de comprendre.
- on ne pense  
pas n'importe  
comment
- Cette procédure matérialise, par la forme des documents et par les consignes proposées, plusieurs principes qui guident le travail de cette enseignante et sont à la base de la coutume didactique instaurée dans la classe :
- dépersonnaliser l'erreur : ce n'est pas l'erreur d'une personne, mais une idée que l'on prend comme objet de travail et à partir de laquelle on peut argumenter ;
  - montrer que les erreurs sont partagées : ce n'est pas moi, untel, qui suis en échec parce que je suis nul, mais c'est une idée fréquente ;
  - valoriser les idées des élèves en démêlant la fonction explicative et la fonction obstacle de chacune : on ne pense pas n'importe comment, si on a ces idées, c'est parce qu'elles servent à comprendre ; l'apprentissage consiste à acquérir des idées qui permettent de comprendre plus de choses.
- E rapporte que c'est finalement cet examen des idées de départ au regard des idées nouvelles qui a permis à certains élèves de franchir le pas de l'appropriation de la nouvelle construction. Et surtout elle juge qu'un déclic s'est produit, les élèves ont compris quelque chose de nouveau sur ce qu'est l'apprentissage. En définitive, la déstabilisation, vécue douloureusement dans un premier temps, a permis un positionnement plus actif dans la démarche d'appropriation des connaissances scientifiques.
- les idées  
sont explicatives  
avant de devenir  
des obstacles
- un déclic dans  
la conception  
de l'apprentissage
- Ce type de travail s'insère dans la continuité de l'enseignement habituel de cette enseignante. Sa conception de l'enseignement donne une place centrale aux élèves. Un des thèmes récurrents dans l'entretien est le respect des élèves,

respect  
des élèves  
et exigence  
scientifique

et le climat de confiance qu'elle cherche à créer. La particularité des séquences centrées sur des objectifs-obstacles qu'elle a menées dans le cadre de la recherche tient surtout au fait qu'elle a imposé une réflexion dans le registre des modèles. Les élèves ont tendance à raisonner dans le registre morphologique et elle garde l'impression d'avoir dû "ramer", lutter en quelque sorte pour les entraîner dans une démarche plus exigeante. Elle y est parvenue, les élèves ont joué le jeu. Et c'est pourquoi elle se sent d'autant plus atteinte par l'accusation de les avoir pris au piège, c'est-à-dire d'avoir trahi leur confiance. La résolution réussie de l'épisode est rapportée comme une grande satisfaction professionnelle, un pas franchi vers plus d'autonomie de pensée.

#### • *Le poids de la coutume scolaire*

l'activité  
cognitive  
est coûteuse  
pour les élèves...

Ces deux épisodes mettent en relief un phénomène auquel les enseignants disent souvent être confrontés, quoique de façon moins vive qu'ici : la prégnance du jeu scolaire habituel, qui, même quand les règles en sont modifiées dans une classe, pèse nécessairement en arrière-plan et crée à certains moments un conflit avec la coutume didactique instaurée. L'installation de cette nouvelle coutume peut rencontrer la résistance des élèves. C'est qu'une attitude passive est moins coûteuse et plus confortable à certains égards. Les exigences de ce nouveau métier d'élève sont fortes, comme le souligne Perrenoud : une plus grande implication personnelle, une obligation à s'exposer, une réduction de la distance entre la personne et son rôle. Les élèves dans ces conditions peuvent se montrer très productifs, capables de fonctionner à un haut régime intellectuel, et prendre plaisir à ce travail ("*c'est la première fois qu'on me demande mon avis*", disait une élève). C'est un thème qui revient dans beaucoup d'entretiens et cette forte participation est vécue de façon très positive.

... à la fois  
satisfaisante...

Mais quand les élèves acceptent de s'exposer, ils ont tendance à vivre la déstabilisation cognitive sur un mode affectif, et deviennent plus vulnérables. C'est à cette préoccupation que répondent les dispositifs mis en œuvre par ces deux professeurs D et E : la vulnérabilité sera moins grande si on dissocie l'idée de la personne, si on dépersonnalise les idées par différents moyens qui permettent de prendre du recul. L'examen critique de l'idée ne mettra pas alors en cause la personne qui l'a émise.

... et risquée  
pour les élèves  
et l'enseignant...

Il faut encore que les élèves soient sûrs que le professeur ne va pas modifier à nouveau la coutume didactique. Les glissements d'une coutume à l'autre peuvent s'opérer subrepticement, simplement en donnant la bonne réponse, comme cela aurait pu se faire dans le cas de D, ce qui disqualifie les essais que les élèves ont risqués en toute confiance ; ou plus brutalement par une évaluation, même rétrospective, comme le craignaient les élèves de E. Il faut du temps pour que la sécurité s'installe, surtout si l'enseignant est isolé

un jugement  
prématuré n'est-il  
pas toujours  
à craindre ?

dans son mode de fonctionnement. C'est encore souvent le cas, d'après les entretiens. Le contexte de l'établissement scolaire pèse d'un poids déterminant.

il faut bien s'assurer  
que l'explication  
est valide  
scientifiquement...

Il y a là une difficulté importante : des idées d'élèves contradictoires peuvent rester juxtaposées, la contradiction n'est pas dans ce cas productrice de progrès. Si le professeur tranche et choisit, cela casse la dynamique ; s'il crée les conditions pour que les idées interagissent, qu'il y ait argumentation et consensus pour une solution négociée entre les élèves, c'est une réussite pour la dynamique mais cela ne suffit pas sur le plan scientifique. Il faut encore qu'à un moment donné le professeur, directement ou par la médiation d'outils, comme ici les critères, s'assure que la construction est acceptable sur le plan scientifique. Le choix de ce moment, ni trop tôt pour ne pas se substituer aux élèves, ni trop tard pour ne pas les laisser désorientés, est une difficulté que rencontrent les enseignants, plusieurs entretiens le soulignent.

... mais sans  
disqualifier  
l'activité  
cognitive  
des élèves

#### **4. NOEUDS DE TENSION DANS LA GESTION DE LA CLASSE**

Le travail sur les obstacles est une entreprise risquée. Pour les élèves bien sûr, puisqu'ils sont conduits à renoncer à un système de représentations qui fonctionnait malgré ses insuffisances pour passer à un autre système de représentations. Mais aussi pour les enseignants, qui sont amenés à reconsidérer leur manière habituelle d'enseigner et vivent d'une certaine façon eux aussi une déstabilisation. Même si le mode d'enseignement piloté par des objectifs-obstacles s'inscrit pour les enseignants considérés dans la continuité de leur enseignement habituel et de leurs conceptions constructivistes, la conduite de dispositifs complexes et la centration sur le travail didactique des obstacles les confrontent à des difficultés nouvelles face auxquelles les schèmes d'action disponibles ne sont pas toujours efficaces. Les processus d'apprentissage peuvent apparaître déconcertants. Les cinq cas que nous venons de présenter montrent certains nœuds de tension que les enseignants vivent dans la gestion de la classe. Nous nous proposons maintenant d'en dresser un panorama plus systématique à partir de ce qu'en disent les enseignants dans l'ensemble des entretiens. Une meilleure connaissance de ces tensions et de la façon dont elles sont négociées peut contribuer à éclairer la question de la faisabilité scolaire de l'idée d'objectif-obstacle, et, au-delà, d'un enseignement constructiviste.

des nœuds  
de tension...

... exprimés  
dans l'ensemble  
des entretiens

**• Tension entre la logique de déstabilisation  
cognitive et la logique d'élaboration  
d'une nouvelle connaissance :  
laisser exister des phases de déconstruction**

deux craintes :

La nécessité de phases de déconstruction est admise théoriquement par tous les enseignants, comme la condition pour que la pensée des élèves ne soit pas court-circuitée. Mais la tolérance à les laisser exister est variable, elles sont conçues comme très cadrées ou plus ouvertes selon les cas. Deux craintes sont exprimées.

méprise  
sur le statut  
des propositions

En premier lieu, laisser s'exprimer des idées fausses fait courir le risque de donner aux élèves l'impression qu'on les cautionne. Les erreurs pourraient alors être renforcées, le fait de les écrire pourrait leur donner un poids supplémentaire. Les enseignants insistent sur l'importance d'établir clairement aux yeux des élèves les règles du jeu selon les moments et le statut des différentes propositions. Des précautions doivent être prises, telles que des couleurs différentes ou des supports différents d'écriture pour les idées exprimées en cours de recherche et les connaissances structurées établies.

abandon  
intellectuel

En deuxième lieu, si on laisse durer ces phases, ne risque-t-on pas de voir les élèves s'y enliser ? Laisser les élèves désorientés est de toute façon difficile à supporter. Jusqu'à quel point peut-on suspendre l'avis sur la validité scientifique des constructions ? Il s'agit de laisser assez de temps pour que les idées des élèves soient ébranlées et qu'un besoin de recherche de solutions plus satisfaisantes se fasse jour, sans pour autant arriver à un découragement, qui conduirait à un abandon du travail intellectuel chez les élèves. C'est une vraie difficulté, l'enseignant doit prendre sa décision dans l'instant, sans qu'aucune règle ne puisse garantir qu'il ne s'est pas trompé. Même l'enseignante qui exprime le plus vigoureusement sa confiance dans le bénéfice de ces phases pour la dynamique intellectuelle, ayant observé que la reconstruction est d'autant plus rapide et pleinement appropriée que les élèves ont d'abord "pataugé", rapporte son incertitude dans le vif de l'action. Le dosage est affaire d'estimation, on ne peut savoir si on a bien fait qu'après coup.

deux réponses :  
règles du jeu  
claires, projet  
d'enseignement  
précis et ouvert

La certitude qu'on a d'arriver à construire un nouveau système explicatif joue un rôle important pour s'autoriser à instaurer des phases de ce genre. Elle s'acquiert grâce à une définition précise du projet d'enseignement, à laquelle les analyses conduites dans la recherche ont contribué, et l'expérience de réussites antérieures.

• **Tension entre dévolution du problème et projet de travail des obstacles : mettre les élèves au cœur du dispositif et tenir le cap conceptuel**

élèves actifs,  
enseignant  
passif ?

Pour deux enseignants, le projet de valorisation des idées des élèves entraînait nécessairement leur effacement. S'obligeant alors à une attitude de laisser-faire, ces enseignants se sont montrés très insatisfaits : l'apprentissage était contourné, jusqu'à ce qu'ils reprennent en main la situation. L'accent mis sur l'activité cognitive des élèves ne pouvait se concevoir pour eux qu'en mettant entre parenthèses le projet pédagogique. Ces deux cas illustrent la difficulté réelle à tenir ensemble ces deux termes en tension, qui transparait, même si c'est de façon moins aiguë, à travers un bon nombre d'entretiens.

une négociation  
médiatisée  
par des activités

La recherche a argumenté théoriquement l'intérêt de dispositifs qualifiés de "souples-durs", souples pour que ce que disent et font les élèves infléchisse la suite des activités, ce qui est une condition pour la dévolution du problème et la mise en jeu de leurs idées, durs pour que les activités les fassent travailler sur l'obstacle et conduisent à un progrès intellectuel. De fait, certains enseignants ont maintenu fermement le cap en canalisant plus étroitement l'expression des élèves à travers une suite d'activités pré-construites. Dans ce cas, ils expriment peu d'incertitudes, mais la part de mise en jeu des idées des élèves est plus limitée. D'autres ont défini au fur et à mesure les activités en réponse aux obstacles qui se manifestaient. L'inconfort de ne pas pouvoir tout préparer à l'avance et d'avoir constamment des décisions à prendre sur le vif est alors exprimé.

entre les idées  
des élèves  
et le projet  
d'apprentissage  
scientifique

Dans tous les cas, et par définition, l'obstacle résiste. Même si c'est justement cette résistance qui fait prendre conscience de l'utilité de séquences centrées sur des objectifs-obstacles, les enseignants ont parfois l'impression d'avoir à lutter contre la tendance de certains élèves à refuser le problème en mettant hors jeu leurs idées avec de multiples stratégies de contournement, ou encore de se contenter de descriptions phénoménographiques (Martinand, 1992) en évitant la recherche d'explications. Le maintien d'exigences fortes demande beaucoup d'énergie de la part de l'enseignant.

• **Tension entre savoir universitaire et savoir accessible aux élèves : l'impossible renoncement**

des niveaux  
de formulation  
des savoirs  
en apparence  
moins élaborés...

Négocier la construction du savoir en fonction de ce que les élèves sont capables de construire mène à des niveaux de formulation qui sont loin du savoir établi. Les enseignants expriment parfois un certain malaise, qu'ils attribuent au regard imaginé des collègues extérieurs à la recherche. Mais ils sont eux-mêmes ambivalents à cet égard. On peut percevoir dans certains entretiens leur difficulté à renoncer à des savoirs plus élaborés : alors même qu'ils disent avoir

éprouvé la fugacité des acquis quand ils ne sont pas véritablement appropriés par les élèves, ils appliquent à leur enseignement le même niveau d'exigence formelle que lorsque l'enseignement est transmissif. Partagés entre enthousiasme et inquiétude, ils ont alors tendance à juger négativement les résultats obtenus dans leur classe, même si à d'autres moments ils se montrent très satisfaits du régime intellectuel élevé établi dans leur classe, des réorganisations cognitives obtenues.

... mais  
plus intégrés

L'exigence conceptuelle forte, qui constitue un des traits du projet d'enseignement, demande la construction de connaissances structurées, qui répondent à des problèmes, qui obligent à des mises en relation. Les formulations construites peuvent en effet paraître moins élaborées que celles qu'on obtient dans un contexte d'enseignement plus factuel, où on ne se donne pas les moyens didactiques d'assurer la compréhension du cadre théorique et les mises en relation qui restent à la charge de l'élève (où le langage joue comme système d'étiquetage plutôt que comme système interprétatif, Sutton, 1992).

• **Tension entre le court terme et le long terme :  
linéarité et rapidité**

des progrès  
intellectuels  
obtenus dans  
le court terme

En référence à un modèle constructiviste, l'aspect progressif et spiralaire des apprentissages est souvent noté par les enseignants. Dans le jugement porté sur les acquis des élèves cependant, une conception plus linéaire de l'apprentissage est reprise. Ainsi une enseignante interprète des réponses en régression par rapport aux réponses précédentes comme un indicateur que les élèves sont engagés dans un vrai travail de réorganisation de leur pensée et non pas dans l'acceptation passive de connaissances non intégrées. Elle s'en montre satisfaite, reprenant à son compte l'analyse du groupe de recherche. Mais à un autre moment de l'entretien elle manifeste au contraire une certaine déception. C'est la conception de l'apprentissage comme un processus cumulatif linéaire qui prend le dessus. Même si elle s'attend théoriquement à ce que l'obstacle resurgisse dans une nouvelle situation, la déception quand elle s'y trouve confrontée la conduit à réviser à la baisse l'ambition du projet.

une fragilité mise  
en évidence  
par les analyses

Il faut ici préciser que l'analyse fine des productions des élèves conduite dans le cadre de la recherche met en évidence les limites et les fragilités des acquisitions, généralement masquées, les enseignants en ont conscience, sous le niveau moyen de la classe.

des reprises  
seront nécessaires

Le court terme est nécessairement décevant si c'est bien un obstacle-clé que l'on travaille, il est difficile d'évaluer le dépassement local de l'obstacle et de faire la part du global qui ne pourra être ébranlé que par des reprises dans des contextes multiples. Il faut se rassurer par le fait qu'un progrès significatif a été réalisé, mais ne pas être dupe : il faut

dra recommencer. D'où la coexistence des deux sentiments de réussite et de doute.

• **Les contraintes de temps**

Le thème du manque de temps revient souvent dans les entretiens, plus particulièrement d'ailleurs au collège et au lycée, où les demandes institutionnelles par rapport au programme pèsent de façon importante. Les enseignants se sentent tiraillés entre le désir de prendre le temps nécessaire pour que les élèves approfondissent leur compréhension et la nécessité de traiter tous les chapitres au programme. C'est surtout vrai pour les enseignants qui ont mis en œuvre des dispositifs s'étendant sur plusieurs séances. Même s'ils sont jugés intrinsèquement intéressants d'après leurs résultats en termes d'apprentissage, leur durée oblige à des remaniements du reste de l'enseignement, ce qui pose parfois des problèmes aux enseignants. Pour cette raison même, leur reprise hors du cadre de la recherche ne paraît pas possible.

le temps  
de traiter toutes  
les parties  
du programme

Nous pouvons faire ici deux remarques. La première, c'est qu'effectivement les enseignants ont un contrat social à respecter, ils doivent s'assurer que les élèves acquièrent des connaissances sur l'ensemble des contenus définis à un niveau de classe donné, de façon à ce qu'ils soient en mesure de poursuivre leur scolarité de façon satisfaisante ; et cela dans un cadre horaire limité, qui oblige à opérer des sélections. La deuxième, c'est que les enseignants considérés ont tendance à ne concevoir qu'une seule modalité d'enseignement applicable de façon uniforme à toutes les parties du programme. Pour que le mode d'activité didactique piloté par les obstacles soit faisable dans des conditions scolaires ordinaires, il est certainement nécessaire que les séquences de ce type ne soient pas trop longues. Mais il est aussi nécessaire qu'il s'articule avec d'autres modes d'activité didactique pilotés par la démarche ou le savoir par exemple. C'est ce qui peut permettre de moduler le type d'intervention de l'enseignant, qui peut être plus transmissif à certains moments, et le temps consacré aux différents objectifs de l'enseignement.

un traitement  
uniforme ou  
une diversification  
des temps  
et des modes  
d'activité ?

On prend la mesure, à travers l'exposé de ces difficultés rencontrées par les enseignants, des remises en cause et des réajustements que le travail centré sur des objectifs-obstacles engage. En contrepoint, des réussites dans les apprentissages sont très généralement soulignées, ainsi qu'un fort investissement des élèves, quand les résistances sont dépassées. Cette modalité d'enseignement laisse sa chance à chacun, personne n'est mis hors jeu parce qu'il n'a pas donné la bonne réponse. Les capacités de raisonnement étonnent, les connaissances engagent un remaniement des idées premières des élèves. Le plaisir de pouvoir aider ce processus est exprimé.

tonalité générale  
de satisfaction

De nouveaux repères, de nouvelles modalités d'intervention sont construites par les enseignants, l'expertise s'en trouve renforcée.

## **5. LES EFFETS DE FORMATION PAR LA RECHERCHE : DE NOUVELLES COMPÉTENCES PROFESSIONNELLES**

Tout au long des quatre ans de la recherche, les enseignants ont été étroitement associés aux analyses des contenus à enseigner aux différents niveaux de classe et des obstacles dans le champ conceptuel de la transformation de la matière. Ils ont construit et expérimenté des séquences dans leurs classes, à partir d'un cadre théorique de départ et d'une réflexion commune sur la nature des obstacles et les stratégies possibles pour leur dépassement. L'analyse du déroulement des séquences, des échanges oraux et des productions des élèves a permis une meilleure compréhension des processus en jeu dans les diverses conditions d'apprentissage mises en place. Elle a conduit à un remaniement et une précision du cadre théorique commun.

une association  
étroite à toutes  
les phases  
de la recherche

Tous les enseignants soulignent les effets de formation de leur participation à la recherche. À travers ce qu'ils en disent, on peut voir les éléments de la recherche et de son cadre théorique qui sont généralement partagés, et ceux qui le sont moins.

### **• Des outils de pilotage**

La participation à l'analyse des savoirs à enseigner dans le groupe de recherche est un des moteurs de formation unanimement apprécié par les enseignants. Elle leur a permis de construire une vue plus unifiée et plus conceptualisée des connaissances à enseigner. Pour les enseignants de biologie, la réflexion sur les modèles de la matière qui sous-tendent la compréhension des processus de transformation de la matière a permis de renouveler leur enseignement dans ce champ, les analyses conduites avec des professeurs de physique et chimie consolidant cette réflexion.

analyse  
des savoirs  
à enseigner

Les résultats de l'analyse des obstacles fournissent une grille de lecture permettant de mieux comprendre les élèves et de s'adapter à eux. La participation à la démarche d'analyse a permis d'apprendre à interpréter comment les élèves fonctionnent, de changer de regard. Au-delà du champ conceptuel travaillé, les enseignants disent rechercher maintenant ce qui explique les erreurs, les réseaux d'idées qui forment un obstacle à l'apprentissage.

analyse  
des obstacles

Ces outils sont utilisés pour définir le projet d'enseignement et les objectifs-obstacles, ils aident aussi à mieux cadrer les

outils  
de définition  
du projet  
d'enseignement  
dans le champ  
des transformations  
de la matière

interventions sur les obstacles, à travers la prévision de scénarios conceptuels.

Ils apportent une sécurité, acquise progressivement, par rapport au rôle de spécialiste d'une discipline : sachant précisément où on veut arriver, il devient plus facile d'intervenir par moments indirectement, sur des méthodes de pensée, des outils, aider à raisonner plutôt que donner la connaissance.

• **Une meilleure connaissance  
des processus d'apprentissage**

surprises dans  
l'apprentissage

C'est par la mise en œuvre des dispositifs et par l'analyse des processus cognitifs à partir des données recueillies en situation que les enseignants ont véritablement éprouvé la résistance des obstacles. C'est ce qui a fait apparaître la nécessité de ne pas se limiter à la simple contradiction logique, insuffisante à elle seule face à cette résistance.

Des aspects du processus d'apprentissage qui les ont étonnés et parfois décontenancés au début sont maintenant mieux connus : ainsi les diverses stratégies d'évitement du conflit cognitif ; les régressions apparentes indiquant le déplacement du problème ou la réorganisation en cours. Cela ne suffit pas toujours, on l'a vu, à éviter des réactions de déception ou d'inquiétude par rapport à l'attente d'une réussite plus immédiate, mais les enseignants ont conscience de mieux comprendre les démarches intellectuelles des élèves et donc de mieux pouvoir apporter des réponses appropriées.

et réussites

Une des découvertes pour beaucoup d'enseignants – une confirmation pour certains – est la capacité de raisonnement et le fort degré d'investissement des élèves quand on prend au sérieux leurs idées et qu'on leur fournit des outils, un étayage : les enseignants disent avoir appris à se fixer des objectifs plus ambitieux intellectuellement.

• **Un répertoire d'activités**

un fonds  
de ressources  
qui permet d'être  
plus flexible

La mise en scène sociale du travail conceptuel, avec des tâches différenciées et l'organisation des interactions entre élèves, déjà pratiquée par certains en début de recherche, est mise en œuvre et jugée importante par tous les enseignants au terme de la recherche.

Tous les enseignants affirment avoir enrichi leur répertoire de dispositifs, de tâches et de modalités de mise en scène. Très rares sont ceux qui reprennent les dispositifs expérimentaux tels quels après la recherche, mais ils s'inspirent d'éléments de leurs dispositifs et puisent aussi dans le fonds de ressources que constituent les autres dispositifs de la recherche pour les recombinaison selon les besoins. Cette disponibilité d'une gamme d'activités possibles leur donne une plus grande capacité d'improvisation. Ils ont aussi appris à mener certains types de séquences nouveaux pour eux, chacun s'étant approprié parmi tous les possibles expérimentés

dans la recherche ceux qui leur conviennent le mieux, comme on l'a vu sur quelques exemples.

• ***Une appropriation variable des propositions de la recherche pour le travail didactique des obstacles***

des choix  
différents  
dans le cadre  
de la recherche

On a pu noter précédemment que le degré de tolérance à la déstabilisation cognitive chez les élèves est variable selon les enseignants, de même que le degré d'ouverture ou de cadrage des activités. Il en va là autant de caractéristiques personnelles que de facteurs de contexte, et cette diversité est nécessaire et argumentée comme telle dans le cadre de la recherche, qui prétend ouvrir des possibles et non proposer des normes. Il est intéressant ici de signaler deux propositions de la recherche qui ont rencontré une adhésion très inégalement partagée. C'est probablement l'indice qu'elles constituent une rupture dans les habitudes d'enseignement, même dans le contexte d'une conception constructiviste.

Tout le monde a joué le jeu d'élaborer et d'expérimenter des séquences dans lesquelles le traitement de l'obstacle occupe la place centrale. Tous disent que la prise de conscience de l'enjeu cognitif de travailler les obstacles, acquise à cette occasion, les conduit à une plus grande vigilance dans l'ensemble de l'enseignement : ils ont appris à écouter les élèves et à repérer les manifestations d'obstacles, ils sont mieux à même, disent-ils, de réagir dans l'instant, d'établir un dialogue et d'organiser une mise en question.

vigilance  
permanente  
à l'obstacle  
ou/et séquences  
pilotees  
par des objectifs-  
obstacles

Mais alors que certains reprennent après la fin de la recherche le principe de séquences spécifiques pilotées par le travail des obstacles, et expriment vigoureusement leur adhésion à cette modalité d'enseignement, une autre partie des enseignants retient avant tout l'intérêt d'avoir les obstacles à l'esprit pour mieux se "caler" sur les idées des élèves et "cadrer" le travail, dans l'ensemble de l'enseignement. Le principe de diversifier les modes d'activité didactique, la centration sur des objectifs-obstacles étant l'un de ces modes parmi d'autres, est une idée que ces enseignants n'ont pas adoptée.

prise  
de conscience  
rétrospective  
des obstacles  
et changement  
de conception  
de l'apprentissage

Les activités d'identification des obstacles, dont l'importance était postulée dès le début de la recherche, n'ont été mises en place que dans quelques-uns des dispositifs expérimentés au cours de la recherche, et parfois dans leurs dernières versions seulement. De telles activités misent sur l'intérêt d'une prise de conscience métacognitive du chemin parcouru pour construire une attitude de vigilance critique à l'égard d'obstacles dont on sait qu'ils persisteront d'une certaine façon par-delà les acquisitions contextualisées. Elles constituent un détour par rapport à l'élaboration conceptuelle. Seule une minorité d'enseignants y attache de l'importance. Mais c'est alors pour eux une phase décisive, c'est l'apport essentiel de la recherche que de leur avoir fait comprendre qu'en développant une prise de conscience rétros-

pective des obstacles travaillés, on donnait aux élèves des outils tout aussi puissants que les activités de structuration sur le versant de la construction.

comme  
pour les élèves,  
dans la recherche  
l'appartenance  
à un groupe  
social...

... attelé  
à une  
construction  
commune...

... favorise  
le débat...

... et sert  
de référence

un lieu  
de construction  
de connaissances  
didactiques, lieu  
de formation

J'aimerais conclure sur un thème qui occupe une place importante dans les propos tenus par les enseignants. Quand il existe dans les établissements, le travail en équipe est un soutien puissant, mais il existe trop peu. Le travail collectif a joué un rôle positif pour les enseignants. Échanges avec l'ensemble des participants à la recherche, analyses serrées dans des équipes plus locales, travail en binôme ou trinôme dans plusieurs cas, circulations de textes et lectures critiques plurielles ont donné la possibilité d'exprimer et de discuter ses choix, ses doutes, d'examiner de façon critique les modalités de travail envisagées, d'élaborer des projets de travail et des issues positives aux difficultés rencontrées. Cet aspect collectif n'est pas toujours gratifiant, il introduit des contraintes supplémentaires, par exemple par rapport à la gestion du temps qui doit suivre le rythme des analyses et des nécessaires observations, en s'adaptant aux disponibilités de chacun. Mais le projet de construction de savoirs didactiques porté collectivement autorise un regard qui peut être critique parce qu'il est en même temps positif. L'appartenance à une équipe de recherche crée aussi une référence pour des pratiques d'enseignement vécues comme atypiques dans le milieu habituel d'enseignement. La mise en œuvre de changements parfois déstabilisants est favorisée par le soutien d'un groupe. Si selon les enseignants, c'est une des conditions déterminantes dans les effets de formation qu'a eue la recherche pour eux, ne pourrait-on pas imaginer de développer des modalités de travail analogues dans les contextes de formation ? Des principes de fonctionnement de ce type sont à la base de certaines actions de formation continue, ils pourraient connaître une extension plus large, y compris dans la formation initiale. Créer un milieu social qui serve à la fois de référence, de point d'appui et de lieu de débat est d'autant plus important quand le projet de formation est en rupture avec les modalités d'enseignement scientifique les plus répandues, comme c'est généralement le cas actuellement, même si la situation est variable selon les contextes et susceptible d'évolution.

Anne VÉRIN  
Unité de recherche en didactique  
des sciences expérimentales, INRP  
IUFM d'Amiens

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASTOLFI, J.-P. (1993). "Trois paradigmes pour les recherches en didactique". *Revue française de pédagogie*, 103.
- ASTOLFI, J.-P., PETERFALVI, B. (1993). "Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales". *Aster*, 16, 103-141.
- ASTOLFI, J.-P., PETERFALVI, B. (1997). "Stratégie de travail des obstacles : dispositifs et ressorts". *Aster*, 25, 193-216.
- ARCA, M., CARAVITA, S. (1993). "Le constructivisme ne résout pas tous les problèmes". *Aster*, 16, 77-101.
- BALACHEFF, N. (1988). "Le contrat et la coutume, deux registres des interactions didactiques". In *Actes du premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique* (Lumigny). Grenoble : Université, IMAG.
- BEDNARZ, N., GARNIER, C., eds. (1989). *Construction des savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa : CIRADE, Agence d'Arc.
- FAVRE, D. (1995). "Conception de l'erreur et rupture épistémologique". *Revue Française de Pédagogie*, 111.
- GILLY, M. (1988). "Le fonctionnement de l'enfant à l'école". *Journal Européen de psychologie de l'éducation*.
- GOIX, M. (1997). "Grandir, oui mais comment ?". *Aster*, 24, 141-170.
- JOHSUA, S. (1989). "Construction et gestion du sens par les élèves". In Colomb, J. (éd.). *Recherches en didactiques : contribution à la formation des maîtres*. Paris : INRP.
- MARTINAND, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- MARTINAND, J.-L. et al. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- MEIRIEU, Ph. (1995). *La pédagogie entre le dire et le faire*. Paris : ESF.
- MORAL, P., DELRUE, M. (1997). "La question de la faisabilité du travail didactique des obstacles vue par les enseignants". In Giordan, A., Martinand, J.-L. et Raichvarg, D. (éds.). *Actes JIES XIX*. Paris : DIRES-Université Paris 7.
- NOTT, M., WELLINGTON, J. (1995). "Critical incidents in the science classroom and the nature of science". *Studies in Science Education*, 76.
- NUSSBAUM, J., NOVICK, S. (1982). "Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation : toward a principled teaching strategy". *Instructional Science*, 11.

PERRENOUD, P. (1994). *Métier d'élève et sens du travail scolaire*. Paris : ESF.

PETERFALVI, B. (1995). "Activités réflexives d'élèves en classe de sciences : des compétences méthodologiques au travail sur les obstacles". In Giordan, A., Martinand, J.-L. et Raichvarg, D. (éds.). *Actes JIES XVII* (pp. 131-138). Paris : DIRES-Université Paris 7.

PETERFALVI, B., VÉRIN, A. (1996). "Risques, dérives, faisabilité du travail d'obstacles en didactique". *Tréma*, 9-10.

PLÉ, É. (1995). "Attaquer un obstacle par ses différentes faces : "l'air n'est pas de la matière" à l'école primaire". In Giordan, A., Martinand, J.-L. et Raichvarg, D., (éds.). *Actes JIES XVII* (pp. 469-474). Paris : DIRES- Université Paris 7.

POSNER, G. J. et al. (1982). "Accommodation of a scientific conception : towards a theory of conceptual change". *Science Education*, 66.

ROBARDET, G. (1994). "La formation des enseignants de sciences physiques et le mythe naturaliste". In *Actes du 4ème séminaire national de recherche en didactique des sciences physiques*, Amiens.

SAUVAGEOT-SKIBINE, M. (1997). "Ce que le professeur prévoit,... ce qui se passe réellement". *Aster*, 25, 93-112.

SUTTON, C.R. (1992). *Words, Science and Learning*. Buckingham : Open University Press.

SZTERENBARG, M., VÉRIN, A. (1997). "Écrire pour penser en biologie dans une classe de sixième en zone sensible". *Le Français Aujourd'hui*, 120.

TOCHON, F.V. (1993). *L'enseignant expert*. Paris : Nathan.

VÉRIN, A. (1995). "Mettre par écrit ses idées en sciences pour les faire évoluer". *Repères*, 12.