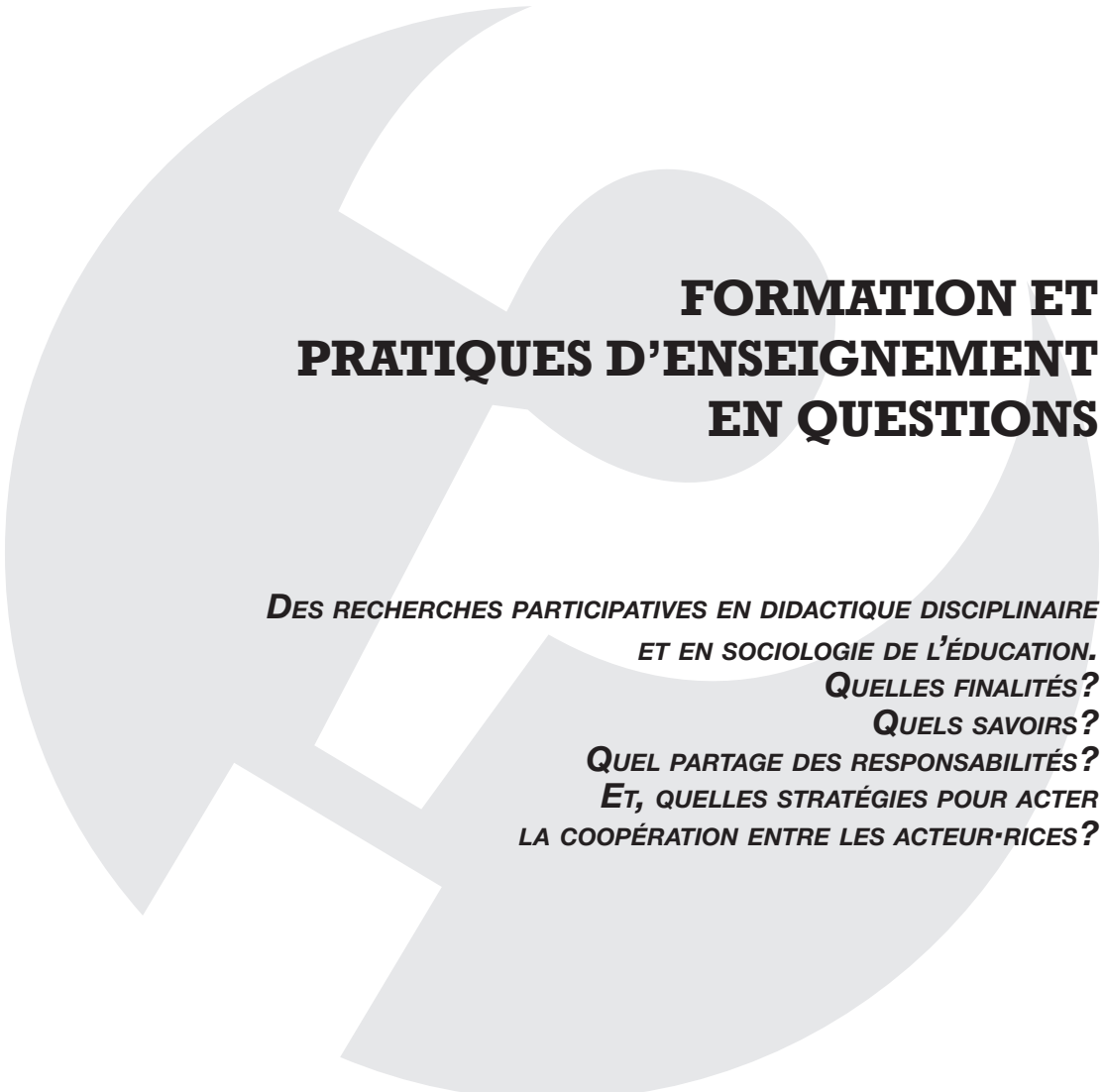




FORMATION ET PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT EN QUESTIONS

***DES RECHERCHES PARTICIPATIVES EN DIDACTIQUE DISCIPLINAIRE
ET EN SOCIOLOGIE DE L'ÉDUCATION.***

QUELLES FINALITÉS?

QUELS SAVOIRS?

QUEL PARTAGE DES RESPONSABILITÉS?

***ET, QUELLES STRATÉGIES POUR ACTER
LA COOPÉRATION ENTRE LES ACTEUR·RICES?***

Numéro coordonné par
Patrick Roy, Justine Letouzey-Pasquier
et Bertrand Gremaud
N° 29, 2025

Comité de rédaction

Virigil Brügger (IRD)
Vincent Capt (HEP-VD)
Pierre-François Coen, UNI Fribourg (rédacteur responsable)
Michaël Da Ronch (HEP-VS)
Katja De Carlo (SUPSI)
Coralie Delorme (UNI Genève)
Christophe Gremion (HEFP)
Sébastien Jolivet (UNI Genève)
Maud Lebreton-Reinhard (HEP BEJUNE)
Viridiana Marc (IRD)
Roland Pillonel (UNI Fribourg)
Patrick Roy (HEP FR)

Le contenu et la rédaction des articles n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs.

© Conseil académique des hautes écoles romandes en charge de la formation des enseignant.e.s
(CAHR)

ISSN 1660-9603

Secrétariat scientifique : Sarah Boschung
Rédacteur responsable : Pierre-François Coen
Conception graphique : Jean-Bernard Barras
Mise en page : Marc-Olivier Schatz



***Des recherches participatives en didactique disciplinaire
et en sociologie de l'éducation.
Quelles finalités ? Quels savoirs ? Quel partage des
responsabilités ? Et, quelles stratégies pour acter
la coopération entre les acteur·rices ?***

Numéro coordonné par
Patrick Roy, Justine Letouzey-Pasquier et Bertrand Gremaud

TABLE DES MATIERES

<i>Introduction. Des recherches participatives en didactique disciplinaire et en sociologie de l'éducation : Quelles finalités ? Quels savoirs ? Quel partage des responsabilités ? Et quelles stratégies pour acter la coopération entre les auteur·rices ?</i> Patrick Roy, Justine Letouzey-Pasquier et Bertrand Gremaud	7
<i>La recherche d'ingénierie didactique en collaboration : éléments de contextualisation d'un dispositif émergent</i> Sandrine Aeby Daghé et Glais Sales Cordeiro	37
<i>Construire un outil didactique dans une démarche de Recherche d'Ingénierie Didactique en Collaboration : quels enjeux ?</i> Solenn Petrucci	53
<i>Entre pratiques courantes et expérimentation de séquences didactiques en grammaire pour envisager une ingénierie didactique interactive</i> Anouk Darne-Xu, Véronique Marmy Cusin, Virginie Degoumois, Ecaterina Bulea Bronckart et Roxane Gagnon	71
<i>Recherches collaboratives et construction de nouveaux phénomènes didactiques : le cas des « séquences forcées » en didactique des Sciences de la vie et de la Terre</i> Christian Orange et Denise Orange Ravachol	93
<i>Des objets didactiques pour questionner les sciences à l'école primaire : les albums de littérature de jeunesse</i> Frédéric Charles	111
<i>Processus de co-construction de ressources numériques en recherche participative pour l'enseignement et l'étude de l'astronomie dans le premier degré</i> Géraldine Boivin-Delpieu	125
<i>La recherche-action participative en éducation : entre praxéologie et épistémologie pratique</i> Éric Tortochot et Pascal Terrien	141
<i>Développer la professionnalité d'enseignant·es du primaire sur le processus de conception technique : fondements et modalités de mise en œuvre d'une communauté discursive de pratiques professionnelles (volet 1)</i> Patrick Roy, Bertrand Gremaud et Bernard Masserey	163



<i>Construire un micro-univers discursif partagé et développer la professionnalité d'enseignant·es du primaire sur le processus de conception technique dans le cadre d'une communauté discursive de pratiques professionnelles (volet 2)</i> Patrick Roy, Bertrand Gremaud et Bernard Masserey	201
<i>Le défi de vigilance méthodologique en recherche collaborative : des ficelles pour négocier des tensions dans des activités de co-analyse de savoirs avec des enseignants migrants</i> Serigne Ben Moustapha Diédhiou et Joëlle Morrisette	265
<i>Des stratégies d'animation d'entretiens collectifs collaboratifs pour construire l'altérité</i> Joëlle Morrisette et Serigne Ben Moustapha Diédhiou	283



Recherches collaboratives et construction de nouveaux phénomènes didactiques : le cas des « séquences forcées » en didactique des Sciences de la vie et de la Terre

Christian ORANGE¹ (Université Libre de Bruxelles, Belgique et Université de Nantes, France) et **Denise ORANGE RAVACHOL**² (Université de Lille, France)

Cette contribution discute de l'importance des recherches collaboratives pour mettre au travail un cadre théorique didactique, celui de l'apprentissage par problématisation. Pour cela nous replaçons la méthode utilisée, celle des « séquences forcées », par rapport à d'autres méthodes mises en œuvre dans les recherches didactiques francophones puis nous discutons en quoi de telles recherches collaboratives sont nécessaires à l'exploration de nouveaux possibles et à la construction de phénomènes didactiques qui permettent l'évolution d'un cadre théorique. Enfin nous revenons sur l'apport de ces recherches au développement du métier d'enseignant·e.

Mots-clés : problématisation, séquence forcée, recherche collaborative phénoménogénique, exploration des possibles, incidents critiques

Introduction

Nous souhaitons présenter ici ce qui nous semble être une vision particulière des recherches collaboratives : celle de recherches collaboratives ayant pour but de créer des phénomènes didactiques à des fins de développement théorique ; d'où la dénomination que nous proposons : « recherches collaboratives phénoménogéniques ». Le fait que des recherches créent des phénomènes correspond à ce que Bachelard (1949) nomme la phénoméno-technique. En ce qui concerne les recherches didactiques, ce n'est pas nouveau : les ingénieries didactiques (Artigue, 1988), développées au sein de la théorie des situations de Brousseau, ont à la fois pour but de produire des situations d'enseignement contrôlées didactiquement et de créer de nouveaux phénomènes didactiques (Perrin-Glorian, 1994) ; mais elles ne sont pas collaboratives dans la mesure où il s'agit de « produits didactiques élaborés par le chercheur » (Artigue & Douady, 1986) : c'est le·la didacticien·ne qui pense le travail du·de la professeur·e (Mercier, 2008).

D'un autre côté, il est banal que des recherches auxquelles participent enseignant·e·s et chercheur·e·s en didactique se traduisent par la construction

1. Contact : christian.orange@ulb.be

2. Contact : denise.orange@univ-lille.fr



d'artefacts coconstruits – recherches-action, recherches fondées sur la conception, ingénieries coopératives (Sensevy, 2021),... – mais elles n'ont généralement pas comme but principal le développement d'un cadre théorique.

Nos recherches, qui s'appuient sur la méthode des situations forcées (Orange, 2010), organisées en séquences (« séquences forcées »), allient travail collaboratif et développements théoriques dans ce qui nous semble une nécessité méthodologique que nous allons maintenant expliciter.

Pour cela, nous rappelons dans un premier temps le cadre théorique dans lequel nous nous situons et les questions de recherche sur lesquelles portent nos travaux, avant de replacer la méthode des séquences forcées au sein des recherches francophones en didactique des sciences. Puis nous présentons deux façons qu'ont de telles recherches de participer au développement de notre cadre théorique, celui de l'apprentissage par problématisation. Nous terminons en discutant de l'intérêt de telles recherches pour le développement du métier d'enseignant·e.

Cadre théorique, questions de recherche et nécessité méthodologique des séquences forcées

Le cadre théorique que nous développons dans ces recherches collaboratives est celui de l'apprentissage par problématisation (Doussot *et al.*, 2022). Dans ce cadre, il s'agit de prendre pleinement en compte la relation entre problèmes et savoirs tout en ne se satisfaisant pas de l'idée que les savoirs seraient assimilables aux solutions des problèmes : les problèmes ne sont pas donnés, ils se construisent et ce travail des problèmes constitue l'essentiel de l'accès aux savoirs et de la pratique de ces savoirs. Le but est alors de rendre les élèves capables de cette construction, condition pour qu'ils·elles accèdent aux savoirs dans toute leur efficacité critique. Pour prendre un exemple simple, le concept d'articulation en biologie (Orange & Orange Ravachol, 2007 ; Orange, 2012) n'est pas réductible à la description de telle ou telle articulation, ni même à l'explication de son fonctionnement : il correspond à la construction de la double nécessité d'un mécanisme qui permet un mouvement relatif (plus ou moins limité) de deux segments et d'un mécanisme qui maintient la cohésion de ces segments. C'est l'explicitation et la maîtrise de ces nécessités qui fait que l'on « s'y connaît en » (Reboul, 1980) articulation.

Pour mettre au travail le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation, il nous faut le confronter au travail de la classe, à partir de deux grands types de questions de recherche : comment caractériser ce que peut être un savoir scolaire problématisé et quelles sont les conditions de possibilité de l'accès des élèves, de tel âge et dans tel domaine, à un tel savoir ? Ce qui conduit notamment à étudier dans quelle mesure et de quelle façon il·elle·s sont capables de produire des arguments critiques qui structurent les savoirs scientifiques, mais aussi comment ces arguments peuvent conduire, dans la classe, à un texte de savoir qui en garde trace (voir Orange & Orange Ravachol, 2007).



Le cadre retenu étant éloigné des repères habituels de l'enseignement des sciences, ni la mise en place de ces séquences ni leur déroulement dans la classe ne vont de soi : il s'agit d'explorer de nouveaux possibles didactiques. Cela demande une analyse fine des savoirs raisonnés en jeu (les nécessités à construire) et des conditions pour que la classe prenne en charge les problèmes correspondants : nous sommes là dans des caractéristiques proches de celles des ingénieries didactiques, telles qu'elles ont été développées dans les travaux de la théorie des situations didactiques (Brousseau, 1998). Cependant, contrairement aux ingénieries au sens strict, nous insistons sur le fait que, pour explorer ces nouveaux possibles, les cas construits et étudiés ne peuvent pas seulement découler des questions et contraintes théoriques que l'on se donne et des savoirs didactiques déjà établis : ils obligent à engager aussi l'expertise des enseignant·e·s et leur connaissance du travail de la classe et de leur classe, ainsi que l'expertise des didacticien·ne·s au-delà des savoirs validés par la recherche. D'où la nécessité d'un travail en collaboration étroite entre chercheur·e·s et enseignant·e·s, où entre chaque séance se rediscute l'organisation de la séquence à partir de ce qu'a produit la classe.

Par ailleurs, ayant avant tout pour but le développement du cadre théorique de l'apprentissage par problématisation, les séquences construites dans ces recherches collaboratives n'ont pas vocation à être transposées dans des classes en dehors de ces situations de recherche. Cela permet, sous le contrôle des enseignant·e·s, garant·e·s du fonctionnement de leur classe, de pousser les possibilités au-delà de ce qui pourrait se faire habituellement en classe, d'où le nom de « situations forcées » et de « séquences forcées » (= suite de situations forcées).

On peut résumer ainsi les principes des séquences forcées :

- elles sont construites au sein d'un groupe de recherche comportant des chercheur·e·s en didactique et des enseignant·e·s expert·e·s, dans un cadre théorique précisé ;
- la séquence est *a priori* définie par des objectifs d'apprentissage - il s'agit généralement du travail d'un problème explicatif - et des questions de recherche ; dans notre cadre, celles-ci portent sur la caractérisation des savoirs problématisés que peuvent construire les élèves et sur les conditions de cette construction ;
- elle est ajustée par l'équipe séance par séance, en fonction de l'analyse à chaud du travail de la classe et de ses objectifs ;
- la séquence n'est pas construite pour être transposée à d'autres situations de classe, hors recherche, mais a uniquement pour vocation de produire des phénomènes didactiques nouveaux qui mettent au travail le cadre théorique.

Nous allons maintenant situer la méthode des « séquences forcées » par rapport à d'autres recherches qualitatives en didactique des sciences francophones, avant d'en discuter les apports, pour la recherche mais aussi, finalement, pour le développement du métier d'enseignant·e.



La méthode des séquences forcées au sein des recherches en didactique des sciences francophone

Les recherches participatives ont joué, depuis une cinquantaine d'années, un rôle important mais discuté dans les didactiques francophones des disciplines scientifiques. À la fin des années 70 et dans les années 80, une partie de la didactique des sciences francophone, celle qui était organisée autour de l'INRP (Institut National de Recherche Pédagogique, en France) s'est en effet appuyée sur des telles recherches. Jean-Pierre Astolfi le rappelle en décrivant ces travaux comme des recherches de faisabilité, puis des recherches de signification (Astolfi, 1993). L'objectif est alors, pour le primaire et le secondaire inférieur, « de partir d'un nouveau cadre institutionnel dont seules les grandes lignes sont définies, et d'encourager des transformations pédagogiques *ad hoc* dont on se propose d'examiner ce qu'elles donnent » (ibid., p. 14). Des possibles didactiques sont ainsi explorés et interprétés dans le cadre de présupposés théoriques explicites. Ces recherches ont fourni des résultats importants tout en étant tournées en permanence vers le développement du métier d'enseignant·e et la formation. Elles détonnent avec les études nomothétiques de type expérimental, par prétest et post-test, au point que Jean-Pierre Astolfi doit défendre leur intérêt scientifique en regrettant que la question de la fiabilité des résultats en éducation « soit trop souvent pensée sur le seul mode de l'administration de la preuve » (ibid., p. 5).

À peu près à la même époque, la didactique des mathématiques francophone se développe autour des travaux de Brousseau et de la construction de la théorie des situations didactiques. Les essais dans les classes y sont fortement structurés sous forme d'ingénieries didactiques qui s'opposent à la fois aux recherches par prétest et post-test, aux recherches-actions et aux innovations mal contrôlées (Chevallard, 1982; Artigue, 1988; Perrin-Glorian, 1994) : il s'agit de construire de nouveaux phénomènes didactiques et de produire des situations d'enseignement contrôlées théoriquement. Ce sont des études de cas, mais elles ne relèvent pas des recherches participatives et encore moins donc des recherches collaboratives : il s'agit de « produits didactiques élaborés par le chercheur » (Artigue & Douady, 1986). C'est le·la didacticien·ne qui pense le travail du·de la professeur·e (Mercier, 2008). L'ingénierie didactique a également été mise en œuvre dans des recherches en didactique des sciences de la nature (voir De Hosson & Orange, 2019), s'inscrivant parfois en opposition avec les recherches de faisabilité et de signification caractérisées par Astolfi (1993).

Depuis les années 2000, en accompagnement de l'universitarisation de la formation des enseignant·e·s, beaucoup de travaux en didactique se sont démarqués des recherches fondées sur les ingénieries pour étudier les pratiques ordinaires, de façon à prendre pleinement en compte le travail du·de la professeur·e. C'est le cas notamment des recherches qui portent sur l'activité conjointe des élèves et des enseignant·e·s (Sensevy & Mercier, 2007; Mercier, 2008). Cette orientation est parfaitement justifiée et elle s'est progressivement infléchie, pour de nombreux·ses chercheur·e·s, vers ce qui est nommé « ingénieries coopératives » (Sensevy, 2021; Morales, Sensevy &



Forest, 2017). Selon nous, cependant, ces développements ne remettent pas en cause l'intérêt de la production de nouveaux phénomènes didactiques et le développement d'autres cadres théoriques, comme nous le faisons à travers la méthode des séquences forcées.

Celle-ci s'éloigne cependant des ingénieries didactiques traditionnelles (Artigue, 1988) : si elle a en commun avec elles la construction de nouveaux phénomènes didactiques et le développement d'un cadre théorique, elle s'en détache par le caractère collaboratif dont nous avons expliqué ci-dessus la nécessité.

Si nous organisons ces différents types de recherche rappelés ci-dessus selon deux critères, celui de leurs finalités et celui de leur caractère collaboratif, elles se répartissent selon le tableau 1.

Tableau n°1 : Classification de quelques types de recherches en didactique

Quelques types de recherches en didactique des sciences	Finalité principale	
	But : création et étude de nouveaux phénomènes didactiques	But : étude et développement des pratiques d'enseignement
Recherches non participatives (académiques)	Ingénieries didactiques (Artigue, 1988)	Étude didactique des pratiques ordinaires (Mercier, 2008)
Recherches participatives ou collaboratives	Recherches collaboratives phénoménogéniques Ex. : Situations et séquences forcées (Orange, 2010)	Recherches de faisabilité ou de signification (Astolfi, 1993) Ingénieries didactiques coopératives (Morales, Sensevy et Forest, 2017 ; Sensevy, 2021)

Ce tableau ne cherche pas à être exhaustif et les catégories proposées sont nécessairement un peu grossières. Son intention est uniquement de situer les recherches collaboratives phénoménogéniques que nous menons et la méthode des séquences forcées.

L'exploration des possibles didactiques par la méthode des séquences forcées, dans le but de travailler les questions de recherche dont nous avons défini les types plus haut, conduit à un certain nombre de résultats qui font évoluer le cadre théorique. Ces résultats proviennent de l'analyse de deux grands types de cas, qui peuvent parfois coexister dans une même étude : ceux qui donnent lieu à des incidents critiques, d'une part ; ceux qui conduisent à l'établissement de nouveaux possibles didactiques, d'autre part. Nous allons discuter de ces deux types, de ce qu'ils doivent au travail collaboratif et des résultats auxquels ils peuvent conduire à partir de quelques exemples.

Séquences forcées, incidents critiques et identifications de nouveaux phénomènes didactiques

Que se passe-t-il lorsqu'un possible didactique envisagé *a priori* dans une séquence forcée ne fonctionne pas comme il a été pensé ? Nous ne sommes pas dans un cas relevant d'une interprétation discutable des premiers écrits de Popper (1974, traduction en français d'un ouvrage de 1934), où l'investigation empirique se réduirait à une fonction de réfutation. En effet, ce qui est mis en place dans la classe est un agencement complexe du cadre



théorique, de l'expertise collective de l'équipe de recherche mise en jeu dans la préparation et de l'expertise de l'enseignant·e dans la conduite de la classe. L'incident peut donc relever d'un ou de plusieurs de ces éléments. Il est établi comme phénomène à deux conditions : une certaine stabilité dans des cas différents ; une explication possible dans le cadre retenu.

Nous présentons deux cas d'incidents critiques ; plus exactement deux ensembles d'incidents critiques. Le premier concerne des élèves de lycée (France : 15-17 ans) et le second des élèves de fin de primaire (France : 9-11 ans).

Un débat impossible au lycée sur la nutrition des plantes

Nous avons travaillé à plusieurs reprises avec des élèves de seconde (15-16 ans) ou de première (16-17 ans) sur la question de la nutrition des plantes. Le but était d'étudier les conditions d'une problématisation qui dégagerait la nécessité de synthèses organiques à partir de substances minérales tirées du sol et du dioxyde de carbone (CO_2) et la nécessité d'un apport d'énergie venant de la lumière.

Une des situations proposées lors de l'analyse *a priori* s'inspire d'une expérience de Van Helmont au XVII^e siècle (Orange, 1997).

On plante un jeune arbre de 1,5 kg dans une caisse contenant 70 kg de terre. On l'arrose régulièrement.

Au bout de 5 ans, l'arbre pèse 50 kg. La terre n'a pratiquement pas changé de masse ; elle a perdu environ 40 g. L'arbre, lui, a gagné 48,5 kg.

Comment expliquez-vous cette augmentation de masse ?

Les biologistes expliquent aujourd'hui que l'arbre a produit de la matière végétale essentiellement³ à partir de l'eau tirée du sol et du dioxyde de carbone de l'air, qui fournit le carbone, selon une réaction globale : $6 \text{CO}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ donne $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (glucose) + 6O_2 et grâce à l'énergie solaire captée par la chlorophylle. Le CO_2 est nécessaire pour l'apport en carbone et la lumière l'est, car cette synthèse du glucose demande de l'énergie.

Van Helmont, médecin et alchimiste, pensait que la matière de l'arbre avait été formée uniquement à partir de l'eau (les règles de la chimie moderne n'étaient pas instituées).

Une proportion importante d'élèves de lycée répond en faisant explicitement ou implicitement référence à une propriété intrinsèque des plantes, celle de grandir lorsqu'elles sont dans de bonnes conditions, sans aucune attention portée à la conservation de la matière. Par exemple (Orange, 1997) :

Au bout de 5 ans, l'arbre a augmenté de volume. Il s'est nourri de substances très minuscules contenues dans la terre qui a très peu diminué de masse : les substances sont très fines, microscopiques. L'arbre a besoin de peu de nourriture, de beaucoup d'espace et d'air.

3. Les sels minéraux du sol interviennent aussi en faible quantité pour la synthèse de certaines molécules (protides par exemple).



Ou encore :

Il est logique que l'arbre ait une augmentation de masse, puisque celui-ci est plus âgé. De plus, ce végétal consomme régulièrement toutes sortes de minéraux favorables à sa croissance...

Des explications du même type ont été repérées par Campestrini (1992) et dans des séquences que nous avons mises en place sur la croissance d'un plant de maïs.

D'autres réponses, moins nombreuses, expriment qu'interviennent d'autres substances ou facteurs non précisés ici : «il manque des choses : les plantes ont besoin de la lumière, de sels minéraux, et il faut des échanges gazeux.»

Nous avons mis en place et étudié plusieurs séquences forcées⁴ à partir de l'expérience de Van Helmont ou de la question de la croissance du maïs. La présence d'explications différentes dans les classes laissait prévoir qu'un débat autour de ces explications pourrait conduire à faire avancer la problématisation de la classe et entamer le travail des nécessités visées, comme cela est le cas pour d'autres problèmes biologiques et à d'autres niveaux, en primaire (Orange, 2012) et en secondaire (voir Orange Ravachol, 2012). Or, à chaque fois, l'analyse des débats menés par une enseignante ayant une réelle expertise dans ce domaine a montré que les élèves ne produisaient quasiment aucune argumentation intéressante pour l'avancée de la problématisation ; il n'y avait pas vraiment débat. Malgré ce qui pouvait nous apparaître comme des explications différentes, les élèves se disaient d'accord sur ce qui était proposé par chaque groupe : la classe arrivait alors à un consensus en termes de facteurs (eau, chaleur, lumière, air, engrais...) sans jamais argumenter en termes biochimiques de synthèses de molécules ; donc sans problématiser une nutrition des végétaux pensée comme une production de molécules organiques à partir de substances minérales. On avait beau demander aux élèves d'expliquer la formation des substances formant la plante en croissance, on en revenait toujours aux conditions de cette croissance : une plante pousse si elle a tout ce qu'il lui faut ; cela suffit comme explication aux élèves.

C'est ce type d'incidents critiques, qu'il est difficile de mettre sur le compte de détails de préparation ou de mise en œuvre, qui nous a conduit·e·s à comprendre que beaucoup d'élèves sont dans une forme d'explication totalement décalée par rapport à celles des biologistes actuel·le·s et de certain·e·s de leurs pairs. Il·elle·s sont dans une sorte d'animisme (Canguilhem, 1974, parle de «la vie comme animation») qui a eu sa place dans l'histoire des sciences et qui consiste à voir dans la plante une inclination à pousser si «elle se sent bien».

Sans détailler plus avant ces études, un peu anciennes (Orange, 1997), elles nous ont permis de préciser l'importance dans les explications scientifiques de ce que nous avons nommé le registre explicatif (REX) qui organise les

4. Nous avons travaillé notamment avec 3 classes de seconde (15-16 ans) et 3 classes de Première S (16-17ans). Les classes de seconde avaient en moyenne 35 élèves, celles de première 30. Une partie du travail s'est déroulé en demi-classe (travaux pratiques).



problématisations possibles. Il vient alors qu'il est fort difficile de faire problématiser ensemble des individus (élèves ou élèves et professeur·e·s) qui ne sont pas dans le même REX : les un·e·s, peu nombreux·ses, expliquent la croissance des plantes par des réactions chimiques, même si cela est encore peu précis quand les autres l'expliquent par la qualité même du végétal.

Ainsi la résistance rencontrée dans des séquences forcées et l'impossibilité de l'attribuer à des erreurs didactiques simples, conduit à établir un nouveau phénomène didactique : les cas où les participant·e·s présentent des explications différentes, mais où il·elle·s ne sont pas capables d'en débattre, car leurs explications sont dans des registres explicatifs trop différents pour qu'il·elle·s comprennent vraiment ce que veulent dire les autres. Le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation est alors enrichi d'un nouveau concept, le REX, qui depuis a fait l'objet d'études dans d'autres domaines et d'autres disciplines, notamment en histoire et en mathématiques (voir Doussot *et al.*, 2022). Ce dépassement conceptuel de l'incident critique n'est rendu possible que par la mise en jeu conjointe de savoirs issus de la recherche didactique et de l'expertise des enseignant·e·s et des chercheur·e·s, qui seule permet d'aller au-delà d'explications « techniques » (mauvais choix d'exemples, conduite du débat insatisfaisante, etc.).

La difficulté à recueillir pour la classe des traces d'un débat scientifique en classe

Nous prenons maintenant le cas d'un incident critique que nous avons rencontré dans plusieurs séquences forcées en biologie à l'école primaire et qui concerne les débats mis en place sur des premières productions explicatives de la classe, généralement mises en commun et discutées à partir d'affiches produites par des groupes (voir des exemples en figures 1 et 2, *infra*).

Le cadre théorique de la problématisation considère que les conditions de possibilité d'une explication acceptable (les « nécessités ») sont constitutives des savoirs scientifiques et donc que les argumentations construites, notamment au cours d'un débat, doivent être identifiées par la classe et se retrouver dans le texte de savoir. Pour ce faire, il est *a priori* pertinent de garder trace des argumentations échangées par les élèves lors de l'analyse critique des productions des groupes. L'importance donnée aux argumentations vient du cadre théorique, l'idée de noter ces argumentations au cours du débat vient de propositions de l'enseignant·e expert·e ou des didacticien·ne·s au cours de la préparation de ce débat.

Ainsi donc, dans plusieurs cas (notamment les cas décrits dans Orange, 2003 et dans Orange & Orange Ravachol 2007 ; repris dans Orange, 2012) les enseignant·e·s ont inscrit dans la préparation réalisée au sein de l'équipe de recherche qu'il est important de noter au tableau un certain nombre d'argumentations, celles notamment qui sont en lien avec les nécessités visées, si elles viennent dans le débat en faisant largement accord dans la classe.



Cependant il apparaît, lors de l'analyse à chaud suivant la séance de débat, que les enseignant·e·s expert·e·s n'ont pas pris de notes au tableau alors que des argumentations intéressantes ont été échangées. Par opposition, lorsque qu'une consigne de prise de note au cours du débat est donnée à des enseignant·e·s débutant·e·s, il·elle·s prennent des notes mais celles-ci sont assez peu utiles, car le débat mené est relativement pauvre. Les enseignant·e·s expert·e·s, qui avaient choisi de prendre des notes et qui ne l'ont pas fait, disent qu'il·elle·s avaient bien en tête ce point mais que, à chaque fois qu'il·elle·s pensaient à noter quelque chose, il·elle·s différaient de crainte de freiner la dynamique du débat. Ce constat et cette analyse répétée conduisent ainsi à deux indications didactiques concernant le travail de problématisation dans une classe de primaire ou de secondaire inférieur⁵ :

- il n'est pas pertinent pour l'enseignant·e de prendre des notes pendant le débat, car cela risque de ralentir le débat voire de l'empêcher ;
- comme il est important de garder trace des arguments que peut produire la classe, il est nécessaire de prévoir des dispositifs complémentaires au débat. La notion de « caricatures », que nous allons présenter dans la partie suivante, est un exemple de tels dispositifs (voir Orange et Orange Ravachol, 2007 ; Orange, 2012). On voit les liens que les incidents critiques ont non seulement avec l'identification de conditions de possibilité d'une problématisation en classe (comme dans l'exemple précédent) mais aussi avec la caractérisation de nouveaux possibles didactiques (ici les « caricatures » ; voir partie suivante).

Discussion sur les incidents critiques

Les incidents critiques, c'est-à-dire les cas où cela ne se passe pas comme prévu, remettent en cause certaines façons de penser et de mettre en œuvre les séquences forcées, en prenant à défaut aussi bien l'expertise des chercheur·e·s que celle des enseignant·e·s. Cependant, ils ont bien plus qu'une fonction négative : ils demandent à être interprétés à la lumière du cadre théorique et des expertises des membres de l'équipe pour conduire à de nouvelles façons de mettre en relation cadre théorique et travail de la classe. Nous n'avons pris ici que deux exemples mais ces incidents sont essentiels, car ils ont été et sont encore la voie principale du développement du cadre théorique et de ses conceptualisations.

Séquences forcées et construction de nouveaux possibles didactiques

La méthode des séquences forcées cherche à explorer et à caractériser de nouvelles situations didactiques construites par le travail collaboratif en lien avec les objectifs de la recherche. Une telle caractérisation peut être réalisée soit directement, à partir des questions de recherche initiales à l'origine de la séquence, soit à la suite d'un incident critique lors de cette séquence qui conduit l'équipe, entre deux séances, à inventer de nouvelles situations.

5. En secondaire supérieur, le problème peut être différent dans la mesure où il est plus facile de demander aux élèves de prendre des notes ou de faire une liste d'arguments *a posteriori*.



Nous prenons ici un exemple dans chacun de ces cas de figure pour discuter ce qu'ils peuvent apporter à la recherche.

Respiration et fonctionnement de l'organisme (élèves de 8-10 ans)

Ce premier exemple illustre le cas où une recherche collaborative conduit directement, à partir des questions de recherche initiales, à la réalisation et à l'étude de situations nouvelles. Il correspond à un travail sur la respiration (Orange, 2012, p. 53 et suivantes; Orange *et al.*, 2008) dans une classe de CE2-CM1 de 24 élèves en France (8-10 ans). Il s'agissait d'étudier à quelles conditions il était possible de faire problématiser la question de la respiration à cet âge, au-delà de la simple ventilation (entrée et sortie de l'air des poumons), pour l'inscrire dans le fonctionnement global de l'organisme. Comment engager les élèves dans une question permettant une telle construction du problème? Il est nécessaire, dans notre cadre didactique, d'opter pour une véritable question biologique, c'est-à-dire une question qui relie fonction et fonctionnement (Orange, 2012, p. 18 et suivantes) et, pour cela, de donner une fonction biologique à la respiration dont il s'agira d'expliquer le fonctionnement. Cependant, cette question doit pouvoir être prise en charge par les élèves. Les échanges au sein du groupe de recherche qui regroupe didacticien·ne·s, formateur·trice·s et enseignante permettent d'envisager différentes possibilités dont certaines semblent impossibles, non pas selon les recherches didactiques publiées mais à partir de l'expertise de l'enseignante et des autres membres du groupe : est ainsi abandonnée l'idée de passer par la notion de respiration des différents organes et sa signification. Une proposition est finalement retenue, compromis des exigences de la recherche et des expertises croisées, consistant à partir de faits imposés à la classe : « l'air est constitué d'un mélange d'azote et d'oxygène et chaque partie du corps a besoin de recevoir de l'oxygène ». Comment alors introduire ces faits dans la classe et quelle question retenir ensuite? On choisit de présenter la composition de l'air sous forme d'un schéma de l'air « grossi », avec des ronds « oxygène » et des croix « azote » et de poser la question : « comment l'air que vous respirez permet-il à toutes les parties du corps de recevoir de l'oxygène ? ». Il apparaît alors que, d'une part, la classe prend en charge les faits imposés, en réutilisant notamment les figurés ronds et croix (figure 1), et que, d'autre part, les élèves envisagent une distribution de l'oxygène par le sang, ce qui les conduit à argumenter sur la question du retour ou non du sang au cœur. C'est donc une preuve à la fois de la faisabilité, à cet âge, d'un travail sur la respiration qui dépasse la simple ventilation, et de la possibilité d'une première problématisation de la circulation du sang. Plus largement cela conforte didactiquement un résultat des analyses épistémologiques : la pertinence, en biologie fonctionnaliste, des questions qui, d'une manière ou d'une autre, portent sur les liens entre fonction et fonctionnement.

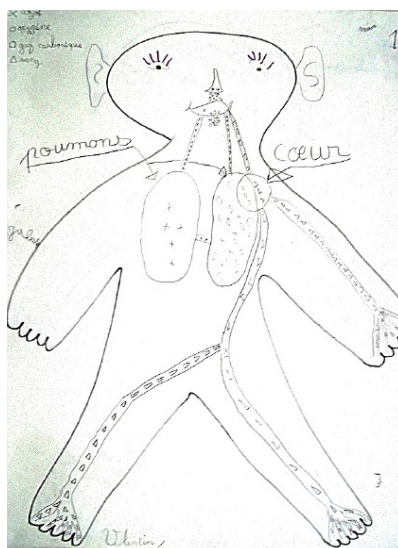


Figure n°1 : Production explicative sur la respiration d'un groupe de 4 élèves de CE2-CM1 (8-10 ans)

La notion de « caricatures » dans un travail sur l'articulation du coude (élèves de 9-11 ans)

Nous revenons au problème de l'articulation dont nous avons ébauché l'analyse préalable dans la première partie. Nous présentons ici le début d'une séquence forcée dans une classe d'éducation prioritaire en fin de primaire⁶ (Orange & Orange Ravachol, 2007) qui a permis, à partir d'un incident critique présenté dans la partie précédente – la difficulté à recueillir, pour la classe, les traces d'un débat scientifique – de construire un nouveau possible didactique. Le groupe de recherche collaborative était constitué d'un enseignant expert, de deux didacticien·ne·s et d'une étudiante de master en Sciences de l'éducation.

Se posait la question de la possibilité pour des élèves de cette classe de travailler les nécessités fondamentales identifiées *a priori* – nécessité d'un mécanisme qui permet un mouvement relatif de deux segments ; nécessité d'un mécanisme qui maintient la cohésion de ces segments –, donc de produire des argumentations pouvant y mener pour aller vers un texte de savoir qui prenne en compte ces nécessités. L'enseignant de la classe estimait que oui.

Pour cela il a été notamment nécessaire de décider quelle question mettre au travail. Comme dans le cas de la respiration présenté plus haut, les didacticien·ne·s proposent de partir d'une question qui relie fonction et fonctionnement⁷, l'enseignant intervient dans ce qui lui semble possible de proposer à sa classe et de quelle façon. L'équipe collaborative en arrive ainsi à la question, contextualisée à la suite d'un cours d'éducation physique : « Comment c'est fait dans ton bras pour qu'il puisse bouger ? ». Question que

6. Classe de CM1-CM2 dans une grande ville française en zone d'éducation prioritaire ; 20 élèves.

7. La fonction de l'articulation est de permettre le mouvement cohésif du membre ; le fonctionnement est une explication de la façon dont cela est possible.



les élèves puis des groupes de quatre travaillent à partir de silhouettes de membre supérieur tendu et plié. La figure 2 donne deux exemples de production de groupe.

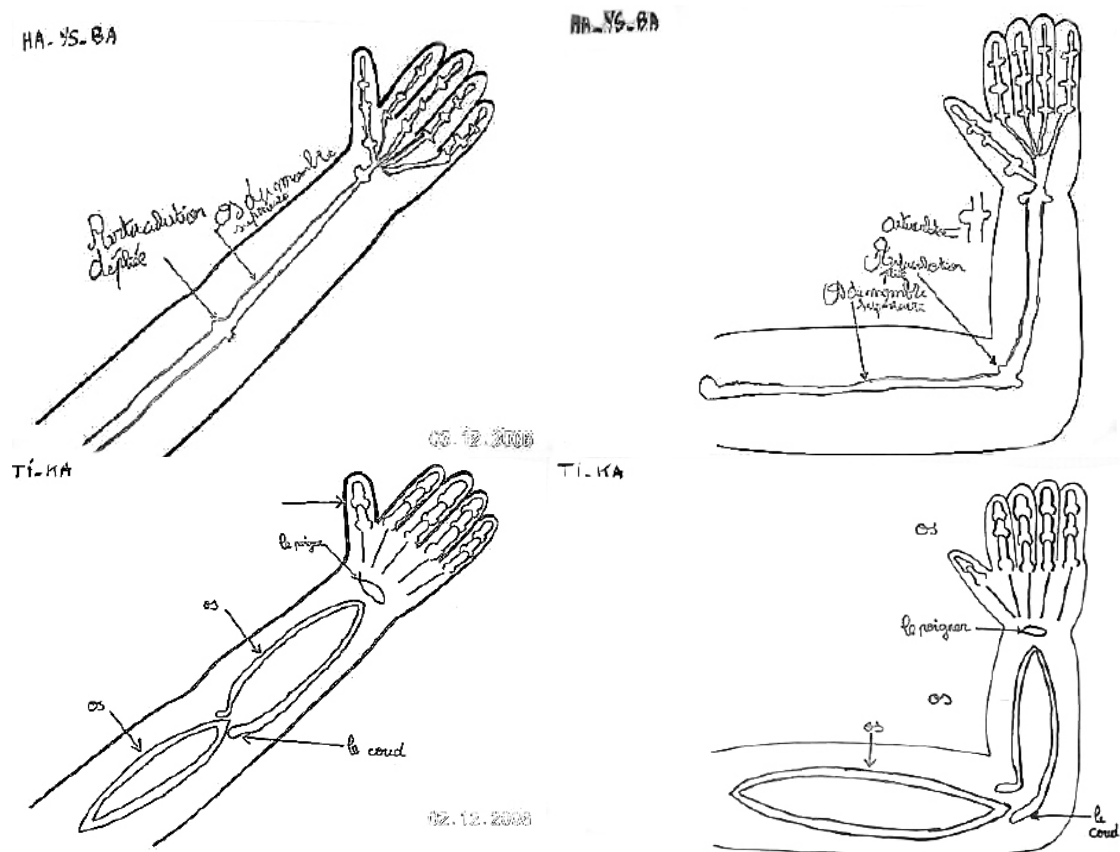


Figure n°2 : Production explicative de deux groupes (9-11 ans)

Si, lors du débat, des argumentations tout à fait pertinentes pour le travail des nécessités visées sont produites par les élèves, elles ne sont pas notées au tableau par l'enseignant, malgré ce qu'il avait pensé possible : nous sommes devant un incident critique du type envisagé plus haut. Dans le déroulement de la séquence forcée, entre la deuxième et la troisième séance, se pose alors une nouvelle question, à la fois théorique et pratique : que faire alors pour récupérer de telles argumentations pour la suite de la séquence dans la mesure où elles sont indispensables pour aller vers un texte de savoir problématisé ? C'est la question que doit traiter l'équipe de recherche collaborative entre la séance du débat et la séance suivante. Plusieurs possibles sont envisagés qui s'appuient aussi bien sur l'expertise de l'enseignant que sur celle des chercheur·e·s. Par exemple, la question de faire travailler la classe à la construction d'une maquette est posée : mais à quelles conditions permettrait-elle de garder trace des argumentations ? Ou faut-il, dès maintenant, avoir recours à un squelette ou à des documents ? Les chercheur·e·s proposent alors de mettre les élèves devant des « caricatures » (voir en figure 3, celles qui seront finalement proposées aux élèves) reprenant les principales idées présentes dans les productions des groupes et dont la critique pourrait conduire au travail des nécessités : elles permettraient de demander aux élèves d'y

réagir par écrit. À ce sujet, les échanges dans l'équipe de recherche portent sur la possibilité que les élèves s'y retrouvent, comprennent le lien entre ces caricatures et le travail antérieur de la séquence, et réussissent à produire des arguments écrits intéressants pour le travail de problématisation. L'enseignant ne peut garantir que cela fonctionnera mais il lui paraît possible de tenter l'expérience avec sa classe. On discute alors de la séance dans son ensemble et le groupe arrête le déroulement suivant :

- présentation de quatre caricatures (elles sont appelées « représentations » par l'enseignant pour les élèves) à la classe (figure 3) ;
- travail individuel par écrit : « Quelles sont les représentations qui ne peuvent pas fonctionner et pourquoi ? » ;
- travail en groupes de quatre avec la même consigne ;
- débat en collectif sur chacune des caricatures ;
- à nouveau écrit individuel avec la même consigne.

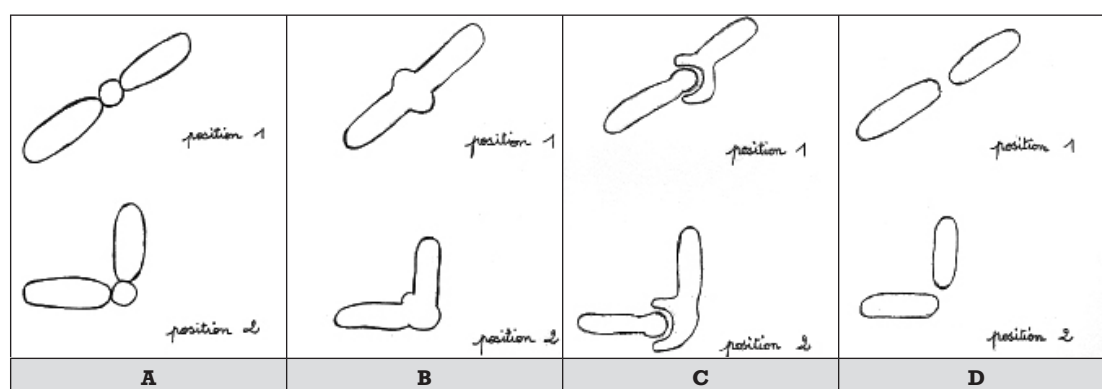


Figure n°3 : Les « caricatures » proposées à la critique des élèves : « Est-ce que cela peut fonctionner ainsi ? » (Orange et Orange Ravachol, 2007)

Il apparaît alors que les élèves se retrouvent très bien dans ces caricatures et reconnaissent leur lien avec le travail précédent. Ils produisent individuellement des argumentations écrites (voir figure 4, les argumentations produites par deux élèves en fin de séance sur chacune des caricatures) qui seront par la suite mobilisées pour aller vers un texte de savoir problématisé (Orange & Orange Ravachol, 2007 ; Orange, 2012).

	A	B	C	D
Ka	Le A ne fonction pas parce que dans cette représentation le coude ils ont dessiné comme un rond et save-dire que on peut bouger dans tout les sens et ça on peut pas.	Le B sa fonction parce que dans cette représentation le bras il est tendus à l'envers et quand c'est comme ça en voit bien que 2 truc dure.	Le C sa fonction parce que ils ont dessiné comme une sorte crocher et ça empêche de bouger dans tout les sens.	Le D ne fonction parce que il y a rien entre les deux os alors que ça sera tout moux et on pouvait dans tout les sens aussi.
Me	Le chema ne convient pas parce que le coude n'est pas solide et les os bougerai partout dans le bras.	Le chema me convient parce que le coude tien bien les os et c'a reste droit.	Le chema me couvient pace que si l'os bouge le coude aussi bouge.	Le chema me convien pas parce qu'il n'y a pas de coude l'os bougerai partous dans le bras et notre bras cerai tros bisart.

Figure n°4 : les argumentations écrites de 2 élèves après le débat sur les caricatures



Ce travail sur les caricatures, réalisé dans une classe dont on pouvait douter des capacités abstractives, ouvre de nouvelles possibilités qui seront mises en œuvre dans d'autres séquences forcées, sur d'autres questions, aussi bien à l'école élémentaire qu'au collège et au lycée (Orange, 2012; Chalak, 2016).

Discussion sur la construction de nouveaux possibles

Les situations forcées permettent d'organiser des dispositifs (questions de départ, aides à la problématisation, etc.) qui réalisent, en quelque sorte, le cadre théorique en développement. Il ne s'agit pas de dire que ces nouveaux possibles sont les plus efficaces didactiquement pour le but recherché. Cependant, issus de la mise en commun des savoirs didactiques et de l'expertise des enseignant·e·s et des chercheur·e·s, ils ont nécessairement une signification didactique qu'il est pertinent d'étudier. De tels possibles ne sont pas garantis fonctionner dans toute séquence forcée : par exemple, il est des séquences où le principe des caricatures ne fonctionne pas, c'est-à-dire qu'elles ne permettent pas d'avancer dans le travail de problématisation. Voilà alors un nouvel incident critique dont l'étude va permettre de mieux comprendre ce qui se joue dans l'apprentissage par problématisation : il apparaît que cela se produit notamment quand les explications des élèves, à partir desquelles les caricatures sont abstraites, ne permettent pas le travail argumentatif sur les nécessités visées, car trop semblables.

Séquences forcées et développement du travail enseignant

Pour terminer nous allons revenir sur un point de nous avons laissé de côté jusqu'ici : celui du rôle que peuvent jouer les séquences forcées dans le développement du métier d'enseignant·e. Nous l'avons d'autant plus écarté que nous avons clairement précisé que les séquences forcées avaient uniquement pour but l'exploration de possibles didactiques dans un cadre donné et que, s'il s'agissait nécessairement de recherches collaboratives, ces séquences ne pouvaient pas être transposées dans le travail habituel de la classe, hors de tout travail de recherche.

Tout comme ces recherches collaboratives ont un impact sur le développement du métier des chercheur·e·s, elles en ont aussi un sur celui des enseignant·e·s de l'équipe. Mais qu'en est-il des enseignant·e·s en général ? Si ces séquences ne peuvent pas leur être présentées comme « à reproduire », les possibles explorés par les séquences forcées percolent à travers des formations ou des articles dans des revues professionnelles où elles sont présentées.

Pour l'enseignement primaire, notamment, il apparaît que certains éléments issus de recherches s'appuyant sur des séquences forcées sont assez facilement adoptés par les enseignant·e·s sans pour autant qu'il·elle·s s'inscrivent dans le cadre théorique de la problématisation (voir Orange & Orange Ravachol, 2024) :



- L'efficacité des questions de départ en biologie qui lient fonction et fonctionnement, à la place de celles que l'on trouve d'habitude dans les séquences de type «Main à la Pâte» qui, par exemple, font travailler aux élèves la question «Que devient l'air que tu respirez?»
- Ce que nous nommons les «nécessités» et qui ne sont pas reprises comme telles par les enseignant·e·s mais comme des repères sur ce qu'il est intéressant de faire discuter aux élèves dans un débat;
- l'idée de caricature dont l'efficacité pour faire avancer les discussions est retenue.

Il ne s'agit nullement pour nous de penser cela comme des détournements regrettables, au contraire : didacticien·e·s et enseignant·e·s sont devant des problèmes professionnels différents avec des expertises différentes. Si l'expertise des enseignant·e·s est une nécessité pour construire des séquences forcées dans le but de créer de nouveaux phénomènes didactiques, ces travaux de recherche collaborative mettent indirectement à disposition des enseignant·e·s de nouveaux instruments qu'il·elle·s peuvent intégrer, à leur façon, à leurs pratiques et à leur expertise.

Conclusion

Nous avons voulu discuter l'idée qu'il est nécessaire, pour développer un cadre théorique dans une didactique critique, de mener des études de cas prenant la forme de recherches collaboratives. En effet, il est pour cela indispensable de créer et d'étudier de nouveaux phénomènes didactiques qui, s'ils doivent être sous-tendus par des questions et des savoirs didactiques, ne peuvent être réalisés et compris qu'avec l'appui d'expertises diverses : expertises des enseignant·e·s et expertises des chercheur·e·s.

Ainsi :

- l'exploration de nouveaux possibles didactiques, au sein du cadre théorique, ne peut pas se faire uniquement sur la base des savoirs didactiques constitués; elle a besoin, dans cette recherche d'espaces encore mal connus, de l'expertise des enseignant·e·s et des chercheur·e·s; expertise entendue ici comme la capacité à donner un avis qui repose en partie sur l'expérience et la pratique, et pas uniquement sur des savoirs scientifiques;
- l'expertise de l'enseignant·e n'intervient pas seulement dans la préparation des séances mais aussi dans leur réalisation : il s'agit pour lui·elle d'interpréter la préparation en respectant à la fois le cadre et les questions de recherche et un fonctionnement ouvert de sa classe de façon à permettre à de nouveaux phénomènes d'apparaître;
- ces avis et réalisations d'experts font partie de la construction de nouveaux phénomènes; il ne s'agit donc pas de mettre à l'épreuve un possible théorique mais de donner corps à ce possible de sorte qu'il pourra conduire à une analyse dans le cadre retenu et des questions de recherche initiales.



Ces études conduisent donc à des phénomènes didactiques nouveaux, interprétés conjointement par l'équipe de recherche, ce qui ne veut pas dire que les interprétations des enseignant·e·s et celles des didacticien·ne·s soient les mêmes, car elles sont le reflet et viennent enrichir les expertises et les savoirs des un·e·s et des autres. L'important est que la séquence forcée donne lieu à des échanges : les dispositifs de type « caricatures », par exemple, peuvent être étudiés par les didacticien·ne·s pour comprendre comment elles font avancer la problématisation de la classe ; les enseignant·e·s peuvent y voir une façon de focaliser les débats sur ce qui est retenu dans les caricatures et d'engager les élèves dans des écrits argumentatifs.



Références

- Artigue, M. (1988). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 9(3), 281-308.
- Artigue, M., & Douady, R. (1986). La didactique des mathématiques en France, note de synthèse. *Revue française de pédagogie*, 76, 69-88.
- Astolfi, J.-P. (1993). Trois paradigmes pour les recherches en didactiques. *Revue Française de Pédagogie*, 103, 5-18.
- Bachelard, G. (1949). *Le rationalisme appliqué*. Presses Universitaires de France.
- Brousseau, G. (1998). *La théorie des situations didactiques*. La Pensée Sauvage.
- Campestrini, P. (1992). Sortir de la logique de Van Helmont. *ASTER*, 15, 85-100.
- Canguilhem, G. (1974). Article VIE. Dans *Encyclopaedia Universalis*.
- Chalak, H. (2016). Outils d'aide à la problématisation : l'utilisation des caricatures autour du magmatisme des zones de subduction en terminale S. *Recherches en didactique des sciences et des technologies RDST*, 14, 63-94.
- Chevallard, Y. (1982, juillet). Sur l'ingénierie didactique. *Deuxième École d'Été de didactique des mathématiques*, Orléans.
- Doussot, S., Hersant, M., Lhoste, Y., & Orange Ravachol, D. (2022). *Le cadre de l'apprentissage par problématisation*. Presses Universitaires de Rennes.
- Hosson, C. & Orange, C. (2019). Les résultats des recherches en didactique des sciences et des technologies : quelle validité et à quelles conditions ? *RDST*, 20, 9-26.
- Mercier, A. (2008). Pour une lecture anthropologique du programme didactique. *Éducation et didactique* 2(1), 7-40.
- Morales, G., Sensevy, G., & Forest, D. (2017) About cooperative engineering: theory and emblematic examples. *Educational Action Research*, 25(1), 128-139.
- Orange Ravachol, D. (2012). *Didactique des Sciences de la vie et de la Terre, entre phénomènes et événements*. Presses Universitaires de Rennes.
- Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie; quels apprentissages pour le lycée ?* Presses Universitaires de France.
- Orange, C. (2010). Situations forcées, recherches didactiques et développement du métier enseignant. *Recherches en éducation, hors-série n°2*, 73-85.
- Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences: problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. De Boeck.
- Orange, C. 2003. Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. *ASTER*, 37, 83-107.
- Orange, C. & Orange Ravachol, D. (2024). Les «séquences forcées»: recherches collaboratives pour la production de savoirs et le développement professionnel des chercheurs et des enseignants. Dans P. Roy, C. Orange et M.-N. Hindryckx (dir.). *Construire et mobiliser des savoirs en éducation scientifique et dans le champ des «éducations à» au moyen des recherches participatives* (151-169). Presses Universitaires de Liège.
- Orange, C., & Orange Ravachol, D. (2007, octobre). Problématisation et mise en texte des savoirs scolaires: le cas d'une séquence sur les mouvements corporels au cycle 3 de l'école élémentaire. *Actes des cinquièmes journées scientifiques de l'ARDIST*, La Grande Motte.
- Orange, C., Lhoste, Y., & Orange Ravachol, D. (2008). Argumentation, problématisation et construction de concepts en classe de sciences. Dans C. Plantin et C. Buty (dir.). *Argumenter en classe de sciences* (75-116). INRP.
- Perrin Glorian, M.-J. (1994). Théorie des situations didactiques: naissance, développement, perspectives. In M. Artigue, R. Gras, C. Laborde, et P. Tavnignot (dir.), *Vingt ans de didactique des mathématiques en France* (pp.97-147). La Pensée Sauvage.
- Popper, K. (1973). *La logique de la découverte scientifique*. Payot (éd. originale, 1934).
- Reboul, O. (1980). *Qu'est-ce qu'apprendre ?* Presses Universitaires de France.
- Sensevy, G. (2021). Des sciences interventionnelles ancrées sur des alliances entre recherche et terrain ? Le cas des ingénieries coopératives. *Raisons Éducatives*, 25, 165-194.
- Sensevy, G. & Mercier, A. (dir.). (2007) *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves*. Presses Universitaires de Rennes.

