

S-TEAM

The State of Inquiry-Based Science Teaching in France

April 2010

The S-Team project has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme [FP7/2007-2013] under grant agreement n°234870.

S-TEAM



The content of this publication reflects only the authors' views.
The European Union is not liable for any use that may be made
of the information contained herein.



Dissemination strategy for inquiry-based methods in France

Michel Grangeat & Joëlle Aubert (L.S.E. Grenoble)

With the collaboration of:

Pascal Bressoux & Pascal Pansu (L.S.E. Grenoble)

Sylvie Coppé & Andrée Tiberghien (ICAR CNRS Lyon)

Ghislaine Gueudet & Sylvain Laubé (CREAD Rennes)

Documentation rassemblée et mise en forme par : Jérémy Bonafonte

Contact details:

Project Coordinator: Professor Peter van Marion

Peter.van.Marion@plu.ntnu.no

Deputy coordinator: Professor Doris Jorde

doris.jorde@ils.uio.no

WP4 leader and author contact: Associate Professor Dr Michel Grangeat

michel.grangeat@ujf-grenoble.fr

Project Manager: Dr Peter Gray

graypb@gmail.com

Project Administrator: Hilde Roysland

hilde.roysland@svt.ntnu.no

S-TEAM website: www.ntnu.no/s-team

Postal address:

S-TEAM

Program for Teacher Education

NTNU

Dragvoll Gård

N-7491 Trondheim

Norway

Published by NTNU (*Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet*), Trondheim, Norway

© S-TEAM 2010 Å

The S-Team project has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme [FP7/2007 - 2013] under grant agreement n°234870

Published under an open-access agreement with the European Commission

Citation:

S-TEAM (Science-Teacher Education Advanced Methods) (2010) *Dissemination Strategy for inquiry-based methods in France*, Trondheim, S-TEAM/NTNU, available at: <http://www.ntnu.no/s-team>

Å
QÓPÁJÌ È GEJHFFÌ ÈGGÁ

Note: As the purpose of this document is to provide recommendations specifically geared towards the French educational system, the French version of this text is definitive, and provides an account of current thinking about IBST and its dissemination in France, based particularly on the results of the French S-TEAM National Workshop, Grenoble, October 20-22, 2009. The English version follows the French text but is not a direct translation.

For further information about S-TEAM see: www.ntnu.no/s-team

Table of Contents

Dissemination strategy for inquiry-based methods in France	1
Introduction: Inquiry-based methods: a dynamic of European policies.....	7
The extension of a long-standing dynamic in IBST	7
Overview of the report.....	8
Section One: Teaching strategies and inquiry-based science teaching methods.....	10
The actors' point of view	10
Summary : a constellation of teaching strategies	15
Section Two: Teaching programmes, school courses and assessment	17
The current curriculum	20
Summary: approaches required by the programmes and questions raised	21
Section three: Teacher education and professional development.....	23
Summary: inquiry-based methods and their integration with other training issues.	28
Section Four: Education and training policies for inquiry-based methods	30
Summary: numerous actions promoting science teaching	37
Conclusion : a dynamic in progress	39
Appendix 1: Questionnaire about the dissemination strategy of IBST	44
Appendix 2: The dissemination of inquiry-based methods in SINUS.....	47
Appendix 3 : Online resources.....	50
La stratégie de diffusion des démarches d'investigation en France	54
Auteurs :.....	54
Michel Grangeat et Joëlle Aubert (L.S.E. Grenoble).....	54
Introduction générale	55
Les démarches d'investigation : une dynamique des politiques européennes	55
Plan du rapport	56

Stratégies d'enseignement et démarches d'investigation	58
Le point de vue des acteurs: Les acteurs institutionnels	58
Le point de vue des acteurs: Les acteurs universitaires	61
Synthèse : une constellation de stratégies d'enseignement	63
Programmes d'enseignement, parcours scolaires et évaluation.....	65
Le point de vue des acteurs: Les acteurs institutionnels	65
Le point de vue des acteurs: Les acteurs universitaires	66
Les principes des programmes du second degré	67
Synthèse : des démarches prescrites par les programmes et qui soulèvent des questions.....	68
L'offre de formation existante.....	70
Le point de vue des acteurs: Les acteurs institutionnels	70
Le point de vue des acteurs: Les acteurs universitaires	72
Les formations à destination des enseignants en poste	73
Formations proposées par des instituts de recherche	75
Politiques éducatives et de formation en ce qui concerne les démarches d'investigation	77
Le point de vue des acteurs: Les acteurs institutionnels	77
Le point de vue des acteurs: Les acteurs des collectivités locales.....	80
Le point de vue des acteurs: Les acteurs universitaires	83
Synthèse : de nombreuses actions de promotion des enseignements scientifiques	85
Conclusion : une dynamique en devenir.....	87
Et si tout ne dépendait pas des acteurs de l'éducation.....	88
Des perspectives pour l'institution, la formation et la recherche	89
Annexe 1 : Questionnaire sur la diffusion des démarches d'investigation en France.	92
Annexe 2 : La diffusion des démarches d'investigation dans SINUS	94

Annexe 3: Des ressources en ligne 97

Introduction: Inquiry-based methods: a dynamic of European policies

Declining interest in scientific studies and careers is currently affecting European countries. This decline could be problematic for scientific and economic life, as well as for civic society, since understanding of scientific and technological knowledge is necessary to take part in current societal debates. These facts are made clear in the Rocard report, *Science Education Now !*.¹ To overcome this difficulty, the authors of this European report rely on the introduction of new teaching methods, and especially on inquiry-based science teaching (IBST). Can schools take up this challenge through improved teaching methods and teachers' professional development? The S-TEAM project aims to explore this question.

The extension of a long-standing dynamic in IBST

The renewal of teaching demanded by the Rocard report does not appear from nowhere. It is based on experiments that appeared to be successful in Europe and particularly on the initiative *La main à la pâte* initiated in France by a group of renowned scientists. Nevertheless, as often happens with French educational reforms, many actors believe that similar methods have already appeared in educational history. In his lecture for the French S-TEAM National Workshop (October 20th-22th, 2009, Grenoble), Joel Lebeaume showed how, since the 1960s, IBST methods seem to be prefigured by many prescribed teaching strategies (e.g. scientific experimental works, in 1960). From the same perspective, in 1968, a French minister's circular proposed to develop such inquiry-based methods in order to enhance students' interest in science and to encourage a scientific attitude. As with current initiatives, these texts emphasised both the pupils' active role in the learning process and the need for coordination or integration

¹ EC (European Commission) (2007) *Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe: Report of the High-Level Group on Science Education* Brussels, EC Directorate -General for Research: available at: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

of science subjects. Do we, therefore, face a perpetual cycle, constantly introducing initiatives that will eventually be phased out?

Three factors allow us to think that educational history is not a simple repetition.

Firstly, societal choices involving science are now very numerous and highly meaningful for public opinion. They raise many new questions. Can we consume GM foods? Can we personally act on climate change? Do we always have to vaccinate? Therefore, to maintain the quality of public debate, there is a necessity for pupils to understand the scientific approach because they will all become citizens, regardless of their future career in school and beyond.

Secondly, the digitisation of many experiments means that they no longer require as much equipment as was formerly the case (A 1968 Circular suggested the installation of a greenhouse and a breeding room in schools). Though electronic simulation of experimentation raises some problems, it provides a new way of presenting science to students. Through digital methods such as computer-assisted experimentation, new problems can be tackled and new solutions can be found. Thus, through the evolution of technology, IBST methods have additional potential to render obsolete the teaching practices that prevailed just a few years ago.

Thirdly, and in the same vein, the rise of the internet has vastly increased the availability of pedagogical resources for teachers. Databases, resource platforms and discussion forums are accelerating the dissemination of new teaching methods and practices. This raises both the question of the understanding of these resources by teachers and of their personal role in sustaining these websites. Thus, initial teacher education, as well as continuing professional development (CPD) programmes, are challenged.

Overview of the report

This report aims to develop some markers for the field and to outline some strategic proposals to effectively develop and promote IBST methods.

The report is in four sections. The first section aims to define inquiry-based science teaching (IBST). The second section reports on the place of IBST methods within the French curriculum. The third section analyses continuing professional development (CPD) programmes for science teachers, drawing upon case studies of the three French

regions in which the S-TEAM project is located (Grenoble, Lyon and Rennes). The fourth and final section describes current projects aimed at developing pupil interest in science subjects.

The data collected for this report come from an exploration of the Internet sites of official bodies, associations or professional authorities in science education. The report also draws upon the contributions of participants in the S-TEAM French National Workshop held in Grenoble in October 2009. Finally, it includes data from an open questionnaire given to science education stakeholders (see appendix 1).

Section One: Teaching strategies and inquiry-based science teaching methods

Six questions should be asked in order to understand IBST:

1. What is the definition of the term 'IBST methods'?
2. What are the overall purposes of these methods?
3. What distinction can be made between IBST methods and traditional approaches to science teaching?
4. How can the change from traditional methods be justified?
5. What specific benefits do IBST methods offer to teachers or students?
6. What new constraints do they imply?

The actors' point of view

Institutional actors

The first question regarding the definition of IBST is whether a specific teaching strategy can be described as IBST. The answer is important for teachers who need to have discussions about their experiences of well-defined and accepted practices. It is also important for observers of teachers, particularly student teachers, who need to understand the teachers' specific goals and the projected learning outcomes.

During the S-TEAM French National Workshop in 2009, Florence Robine (National Education General Inspector) suggested moving away from a definition of IBST as a "catalogue" (posing problems, providing hypotheses, proposing experiences, etc.) as suggested by a narrow reading of French school programmes. It might be more relevant to figure out what really happens in the class-room, and to understand activities from the point of view of teaching and learning. What is it that teachers do, what kind of autonomy do they allow pupils in expressing their thoughts, organizing their work, in discussions and what do the pupils actually do? Thus, the underlying goal of IBST is not the narrow application of procedures. The goal is to allow pupils to think by themselves, in order that they become active in science learning. It is therefore important to support collaboration

amongst pupils and to develop cross-disciplinary attitudes such as the abilities of reasoning and communicating with classmates and teachers. Thus, IBST aims mainly at mastery of these competences for experimentation and argumentation.

With respect to mathematics, according to Patrick Ferrand (Coordinator of the scientific inspectors in Grenoble Region), the teachers' conception of IBST methods has evolved recently. A few years ago, this approach was only used for the introduction of new concepts, and these methods took up a high proportion of lesson time at the expense of other activities. Today, the new high school curriculum prescribes the setting of problems, allowing pupils to investigate and experiment with the relevant problem-solving tools. The overall aim is to improve the competence of pupils to overcome problems from real life, particularly scientific problems.

This point of view is shared by Nicolas Giroud (mathematics teacher), who defines IBST methods as ways of solving problems whose solution is unknown. The aim of the inquirer is to find a full or partial answer for the initial problem, through the retrieval of documentation or by conducting experiments. Thus, IBST methods allow students to "make" science, rather than just "seeing" its results. From the learner's point of view, being scientifically active and responsible for the research process is the main difference between IBST and traditional teaching strategies. If we consider that "doing mathematical research" is part of mathematics, then it is normal to allow pupils to 'live' this activity. It is an aspect of scientific activity that is often overlooked in the classroom.

Nevertheless, defining IBST is complex as it depends heavily on the subject area. Thus, according to Dominique Rojat (National Education General Inspector), in biology, there is a long history of methods based on pupil action even if the name of these pedagogies have changed over time (i.e. rediscovery processes, teaching by scientific problem). However, action alone is insufficient to achieve a genuine inquiry: action has to be justified and set within a global plan. Thus, to some extent, IBST is also a project-based pedagogy, and yet from the 1968 *Circular regarding biology instruction at the entrance of the secondary school* (age 11-12) two main objectives emerge:

- Awakening of students' interests through real world teaching strategies. This implies that understanding problems from real life is complex because these problems link various scientific fields. Solutions require both specific knowledge and understanding of the problem's global nature.

- Enhancement of pupils' scientific attitude, or "scientific concern". This implies that one should avoid giving them a false sense of security and should make them aware of the difficulties inherent in scientific research.

The word "inquiry", associated with "method" or "approach", appears in the French secondary school curricula in 2006. Nevertheless, it is already present in primary school programmes in 2002, mainly through the *La main à la pâte* approach. According to Jacques Toussaint², at the S-TEAM French National Workshop, all these terms lead to an emphasis on pupil action. However, from an epistemological point of view, inquiry is "the deliberate study of the circumstances that are thought to relate to an existing fact or idea "³. Thus, there is neither a systematic search for a definitive answer, nor a rigid research design.

In fact, IBST implementation corresponds to a double need. The first is related to the structure of scientific knowledge since "for a scientific thinking, all knowledge is a response to a question. If there was no question, no scientific knowledge can appear "⁴ Therefore we must investigate and attempt to provide some answers. The second need is related to the elaboration of individual knowledge since psychological studies show that knowledge building is supported by hands-on activities and discussion of the results amongst learners.

The question of the difference between IBST and the traditional approach⁵ depends on which approaches are being discussed. There is a continuity with active methods, even with traditional ones. With traditional expositive methods, the difference concerns the practice of argumentation based on the analysis of natural or experimental facts by the students themselves. The successful implementation of IBST relies on improving the pupils' attention, memory of studied concepts, methodological abilities, and scientific reasoning. Thus, IBST emphasizes the need to improve interactions both with actual material and amongst learners.

² Recteur of Lyon counsellor and researcher in the sciences epistemology and didactic laboratory

³ Ziman, J. M. (1984) *An Introduction to Science Studies*, Cambridge, Cambridge University Press, p.18

⁴ Bachelard, Gaston (1997/1938) *La formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* Paris, Vrin, p.16.

⁵ In S-TEAM we are beginning to use the term 'direct teaching' as the counterpart to IBST or investigative methods.

IBST creates a space of freedom for students: they can ask new questions and try to resolve their own issues. Moreover the means which they can use are not imposed upon them, according to N. Giroud.

A constraint results from the fact that this activity seems more suited to small groups than the whole class, at least for new teachers, according to N. Giroud. It is also an activity that takes time, and programmes need to be better adapted. Those constraints are seen as less problematic by Hélène Combel,⁶ who reports that she has observed many teachers conducting very interesting IBST lessons, which are sustained by discussion amongst pupils; such observations occur also within very disadvantaged sectors. She suggests that teachers who are using IBST can easily cover the annual lower secondary school curriculum, which is specifically designed to give time to IBST. Nevertheless, these methods eventually impose a new teacher posture, a new way to deal with students.

Evelyne Excoffon⁷ insists that one of the aims of IBST methods is to increase student motivation. Thus, IBST methods and traditional expositive methods in science teaching represent two very different approaches: creativity versus reproduction. Thus, teachers have to change their posture: but can they accept such a change? In any case, this requires teacher development programmes.

University actors

According to Patrick Mendelsohn⁸, the term 'IBST methods' refers to a structured movement, initiated by the French Academy of Science, which aims to renew teaching methods through experimental science. This movement results from the relative failure of traditional teaching practices, especially in primary schools. It aims to return to the foundations of "what makes science", comprising an open mind for discovery, and an experimental approach in its active and playful dimensions.

If we assume that traditional science teaching approaches tend to emphasize the formal dimension of scientific activity (e.g. the application of a formula to answer a question), IBST methods support the experimental approach and scientific reasoning based on practical problems in everyday life. This distinction is justified by the results of the formal

⁶ Regional Pedagogical Inspector in Physics and Chemistry in Créteil

⁷ Regional Pedagogical Inspector in Physics and Chemistry in Grenoble

⁸ Head of Teacher Education Institute (IUFM) of Grenoble region.

approach, which leads pupils to solve problems perfectly using equations, without the slightest idea of what really happens within the studied phenomena. These skills of repetition and application are often the focus of traditional assessment tests in French schools. Thus, IBST implementation should lead to a significant change in assessment methods.

The benefits of IBST methods are directly related to the principles on which they are based: pupils can make sense of what they learn, insofar as they are led to think in context and from a problem whose solution seems reachable. Such a motivational starting point allows strong pupil involvement in the process of reasoning and, at the same time, an understanding of how difficult it is to prove the stability of any scientific phenomenon. Finally, IBST methods allow an integrated teaching approach since many competences are taught and learned together: written and oral expression, reasoning, knowledge about the world and mathematics. Nevertheless, this integrated approach is very time consuming and requires specific teacher education and CPD in order to ensure that students actually develop transferable skills in new situations.

The above aspects of IBST are clarified by Joel Lebeaume.⁹ For him, IBST methods involve the initiation of pupil activity on the basis of their own questioning, when the teacher has evaluated this as 'scientific questioning'. This origin of the questioning in the pupils themselves creates a distinction between IBST and traditional approaches. Such a change is consistent with the French approach to teaching based on pupil competence development. Another advantage of IBST methods is that they usually imply more dynamic lessons, for both pupils and teachers. They also generate assessment practices that take into account pupil development. Finally, they are based on situations that emphasize the skills and capacities of those pupils who are usually too quiet or who encounter difficulties at school.

However, IBST methods do not work with all scientific concepts. There can be a degree of artificiality in the starting points of some lessons, where pupils' questioning is often marginalized. Additionally, IBST is risky for teachers: such methods require constant adjustments during the session and the matching of results to the curriculum is not always guaranteed. Furthermore, it requires a strong adaptation to students' initial knowledge, an anticipation of how they might express the knowledge which is embedded

⁹ Professor of Educational Sciences, Paris

within an IBST session, and a reformulation or overview of the whole method at the end of the session.

This question of what is learned represents a key problem for IBST, according to Pascal Bressoux.¹⁰ From his point of view, it is crucial to specify what one means by IBST: is it a pedagogy of discovery? is it a variant of socioconstructivism? P. Bressoux is afraid that a pedagogy of minimal guidance is concealed behind these labels, whilst much empirical research shows the weakness of that pedagogy in enhancing pupil learning. Thus, we might make a big mistake if we think that IBST can sustain cognitive procedures which automatically organize themselves after a research activity: very strong clarification is needed after any phase of inquiry and discovery. The research shows that successful pupils manage to cope with implicit teaching methods but weak pupils are heavily penalized unless there is explicit modeling.

Summary : a constellation of teaching strategies

IBST methods appear to be a constellation of teaching strategies within which teachers, educators, inspectors and researchers have to position themselves. They can be organized along four dimensions, as follows:

- The first dimension is represented by the existence of a research problem whose answer is not obvious, even sometimes for the scientific community. Therefore, learners could elaborate the ability to recognize everything that is not clear, everything that requires further inquiries. It is a critical attitude to achieve.
- A second dimension concerns the origin of questioning. Allowing learners to live a scientific experience implies that the questioning which sustains the inquiry is congruent with that of the learners. This dimension is very demanding for teachers who must change their posture by taking more account of the learners' initial conceptions and by giving them more autonomy for experimenting with their ideas. Nevertheless, experiencing the scientific approach certainly helps to understand its requirements.
- A third dimension, more commonly associated with IBST methods, concerns the learners' activity. Any research method involves the use of equipment and

¹⁰ Professor, Head of the *Laboratoire de Sciences d'Education*, Université Pierre Mendès-France, Grenoble

documentation, requires creativity, causes attempts and errors and induces interaction and cooperation. This creates an opportunity for some pupils, who are less comfortable with content-centred teaching approaches, to improve their motivation for scientific activities at school.

- A fourth dimension is the level of explanation about what is learned. Research in school shows that it is insufficient to set learners into activity believing that knowledge results only from action. In any case, this does not work for all pupils, and often those who face difficulties at school are penalized by these kinds of implicit-knowledge based methods. Therefore, teachers need to take the time to make explicit to the learners what concepts and methods should be acquired through the IBST session. Improving our understanding of these metacognitive or regulatory aspects of IBST is a challenge for further research.

Thus, the degree of guidance of pupils' activities by teachers appears to be one of the most important points about IBST. Where there is minimal guidance, research shows that some students' difficulties increase¹¹. Where there is guidance which is too restrictive, as pointed out in the Rocard report, students' motivation decreases. In order to overcome this obstacle, teachers could diversify the type of classroom session during the whole sequence: some sessions, with low guidance, give priority to living a scientific experience; other sessions, mainly based on learners' self-regulation, focus on developing abilities required for scientific practices; the last ones, narrowly regulated by teacher's modelling, aim at the acquisition of scientific knowledge. These three types of sessions are linked together within the framework of IBST.

¹¹ See e.g. Kirschner P.A. et al (2006) Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching *Educational Psychologist*, 41/2, 75–86.

Section Two: Teaching programmes, school courses and assessment

The following questions help us to understand the place of IBST in French curricula.

- What is the role of IBST in the curriculum, particularly in secondary schools, including vocational schools?
- Is IBST integrated within the curriculum? Does it overload teachers with extra work?
- Does IBST lead to restructured lessons when it receives sufficient time and resources for its implementation?
- To what extent are officially established assessment practices coherent with IBST?
- In schools, what are the emerging assessment practices that aim to promote motivation and pupil interest in scientific disciplines?

The actors' point of view

Institutional actors

IBST is clearly implemented in the French school curriculum for primary and secondary schools, according to D. Rojat. However, F. Robine reports that teachers often claim that IBST methods are extremely time consuming when they are properly implemented, that is, when students have the possibility to express themselves and to advance at their own pace. Thus, IBST needs to be conceived not as an addition to existing programmes but as another way of organizing work. In France, it needs a more profound reorganization of programmes and lessons. Programmes should be less defined as lists of notions or concepts to be learned, and the objectives of intellectual competence development should be better highlighted.

This is particularly true in high schools (*Lycée*, age 15-18) where huge improvements still need to be made to better prepare French students for success in higher education, in terms of autonomy of thinking, cross-disciplinary and scientific competences. This type of improvement has already been made for the lower secondary school (*collège*) curriculum, but remains to be improved for the high school curriculum. This idea is

shared amongst the general inspection scientific teams (the upper level of the French inspection system). However, programmes and curricula are designed through negotiations amongst inspectors and other experts, and these latter are sometimes opposed to the development of IBST methods.

Assessment processes for IBST are organized in three ways, as reported by D. Rojat :

- Students assess directly the results of their own inquiry (or one of its aspects, e.g. hypothesis formulation, material use, concluding explanation, etc.).
- Teachers assess the reasoning competences developed by students through IBST methods.
- Practical tests evaluate experimental competences in class and at the baccalaureate (final high school examination, equivalent to A level in UK).

However, assessment in IBST is a very difficult issue. Assessment practices in classrooms are mostly based on the testing of immediate knowledge, rather than complex tasks. They emphasize the resolution of exercises that leave little autonomy to students, as noted by F. Robine. This represents a real challenge since formative assessment is very underdeveloped in classrooms and does not constitute part of French teachers' normal repertoire of actions. Implementing new methods, which enhance the autonomy and quality of students' thinking, remains very difficult. It requires further action research, which can help to improve the education, training and support received by teachers. This point is echoed by P. Ferrand, who suggests that there has been a change in teachers' views about student assessment, where new curricula offer total autonomy for teachers to assess students on their capacity to solve problems. However, the question most often asked by teachers is "how do we assess learners in IBST?".

University actors

Inquiry-based methods are central within the secondary school curriculum and even constitute the only comprehensive approach prescribed for primary schools, but for J. Lebeaume, these approaches too often become formal procedures. Researchers are unanimous in noting also that IBST methods may result in overload to programmes, if the many constraints and additional requirements that they involve are not taken into

account: J. Lebeaume, P. Bressoux and P. Mendelsohn all raise the time-consuming aspect of IBST methods.

Overall, traditional assessment procedures and curricula do not require the competences that could be gained through IBST. Thus, these activities may not be applied systematically nor do they represent the only possible way of gaining knowledge and scientific competences.

However, according to P. Mendelsohn, these methods really represent an opportunity to restructure teaching methods. The movement initiated by *La main à la pâte* itself has the potential to partially restructure science teaching, particularly because it is inspired by movements in other areas of education, which emphasize pupil activity and which rely on reference to the school environment for meaning-making from taught knowledge. This movement is also connected with developments in current educational policy, particularly regarding the “common knowledge and competence base, which needs to be acquired by all students”. This could cause a real reorganization of teaching, in line with IBST goals, if competence assessment is seriously taken into account in formal examinations. The university actors' observations are, therefore, similar to those of the institutional representatives.

To go further, P. Bressoux questions the ability of educational systems to really promote success in science subjects. The scientific career represents the path of excellence and, therefore, students do not take scientific classes because they particularly appreciate mathematics or science, but primarily because they are identified as strong students in a set of crucial subjects. Similarly, the scientific baccalaureate is often gained with very average marks in science, but they are offset by better marks in other subjects. Students and parents think that a scientific baccalaureate offers more opportunities to enter desirable careers. We must recognize the selective and elitist nature of science subjects and their preferred role in determining students' careers.

Emphasizing the same idea, P. Mendelsohn says that IBST methods need to be evaluated in order to justify their relevance. We should survey career choices of students who benefited from IBST. We also need to evaluate whether competences acquired by IBST methods could be used in other domains of science without new learning processes; this is potentially an implicit advantage of IBST but has not been yet proven.

The current curriculum

The introduction of secondary school programmes, published in 2008 and implemented in September 2009, is common to all four scientific subjects: mathematics, physics and chemistry, biology, and technology. A section is devoted specifically to IBST, in line with the primary school curriculum. IBST's diverse components are described step by step; such a presentation could support a formal reading of the curriculum, leading to a narrow conception of IBST, or a “catalogue” of unlinked actions. While IBST methods are explicitly associated with student-centred teaching approaches, they are not presented as the only appropriate method. Teachers must decide the relevance of IBST according to the subjects being taught. The method of implementation shows both similarities and differences between subjects, specifically for the validation phase, which could occur either through experimentation (natural sciences) or demonstration (mathematics).

Each specific syllabus provides teachers with some guidance on IBST implementation, and specific learner activities are promoted, such as questioning, problem solving, observation, experimentation, looking for explanations or justifications, argumentation and discussion. Syllabi emphasize the outcomes of these activities in terms of structuring and understanding of taught knowledge, competences and mastery of technical expertise. The same message recurs: we must understand IBST not only according to its methodological and pedagogical aspects, but we must consider mastery of the inquiry approach as a learning goal in itself. Students must master both the scientific approach as well as the required concepts, skills and attitudes. The continuity of direction in high school programmes is well established, since the year 2000 syllabus stated that

Science is not based on certainties, it is made up of questions and answers that evolve and change over time. All of this shows that we must focus first and foremost on teaching strategies which sustain the scientific approach including the mastery of observation and experience

Thus school shows its willingness to teach “science in progress” and not just prior results and “ready made knowledge”, which are sometimes obsolete in comparison with current scientific research.

Summary: approaches required by the programmes and questions raised

Inquiry-based methods are heavily featured in the French curriculum. Both primary and secondary schools curricula establish that "the pedagogical logic underlying these new approaches lies in the fact that the development of science is made by going back and forth between observation and experience on one side, conceptualization and modelling on the other, and that the formal presentation of "ready made science" does not match the dynamic of the actual scientific work in progress " (programmes for the first year of upper secondary school). However, in the absence of systematic research, some central issues strongly impede IBST dissemination:

- There is a prevalent view that the list of scientific concepts which pupils should acquire is too long in relation to the time available to conduct actual IBST. For some teachers, this causes conflicts, which they cannot overcome without external resources.
- Pupils acquire mainly skills and attitudes through IBST. The assessment of these competences is more difficult than knowledge assessment. It is even more difficult when the assessment process is based on marks, and when these marks govern pupils' advancement and choices within the curriculum. For some actors, this idea demonstrates a lack of consistency between learning outcomes resulting from officially advocated approaches, such as IBST, and the formal assessment modes which are still preferred by the institution.
- Scientific evidence of the benefits of IBST methods for all students is still incomplete. The intellectual and conceptual efforts necessary to benefit from these methods are not always accessible to all learners. Thus, there is probably a conflict of loyalty for some teachers: as they are uncertain of the benefits of IBST and as these approaches require changes to their teaching practices, they often prefer to continue with old routines and procedures. Therefore research programs should be designed in order to evaluate the benefits and to specify the conditions for effective IBST methods.

Section three: Teacher education and professional development

The introduction of IBST methods comprehensively challenges expositive, transmissive and normative practices. Thus teachers need specific education and continuing professional development (CPD) programmes. This third section deals with this topic based on three questions:

- What do educational and CPD policies say about the development of IBST methods?
- How do CPD structures allow teachers to enhance their repertoire of actions for the implementation of IBST?
- What resources are available to provide support to teachers or schools teams?

The actors' point of view

Institutional actors

Currently, in France, there are few CPD programmes specifically dedicated to IBST. However D. Rojat states that almost all forthcoming CPD activities will address these methods. Thus, each CPD activity on the implementation of new pedagogical materials will connect this material with IBST. According to Rojat, in biological sciences, almost all CPD programmes refer to the IBST approach and, similarly, all new materials will incorporate it.

Nevertheless, as education authorities face severe budgetary constraints, the goals of CPD programmes are specified in the latest national reforms, as P. Ferrand explains. Thus, today, most actions are focused on implementing the “knowledge and competences common base”. Nevertheless, IBST methods underlie all these CPD programs.

Since the last French legislation regarding schools in 2005, trials of new teaching methods can be conducted under contracts between schools and local authorities, as P. Ferrand mentions. These projects are designed by groups of professionals (school administration, teachers, local authorities, etc.) who jointly research the best strategies

for overcoming their local problems. These contracts guarantee specific resources for three years, although actions can vary from year to year, depending on the strategies needed to achieve their goals. The educational system is therefore moving toward a system of governance having contracted goals, which allow some autonomy for each school. After validation from the local educational authority, these trials may involve the teaching methods of science.

This is the case in the Lyon Region, as shown by J. Toussaint. Local authorities are able to allocate resources to teachers and schools for specific studies. A project conducted by 35 high schools aims to transform science teaching in the first year of high school (age 16). Through "integrated science teaching" (P2S), pupils can learn about scientific themes, which require the pooling of teachers' competences in physics, chemistry, biology, geology, or mathematics. Teachers need to share their activities and resources. Amongst these shared themes are: water in the environment; air quality and pollutants; food, etc. A survey conducted amongst teachers engaged in this new practice for science teaching shows that 4 out of 5 of them are satisfied by this teaching approach because it allows them to properly implement IBST methods.

Emerging questions about CPD programmes

The first set of questions concerns CPD programmes about IBST:

- What is the nature of common scientific practices?
- Why is IBST the preferred approach to these practices?
- What are the conceptual tools required for IBST?
- What in particular are the roles of mathematics and ICT?

Further questions focus on the scientific content of IBST activities:

- What is the role of pupil questions about scientific issues?
- What is the scientific value of problems from everyday life?
- What is the status of experimentation and its heuristic value with respect to different subjects?
- What is the place of explanatory models, specifically in physics and chemistry?

Didactic research shows that, depending on how a particular concept is tackled, teachers are more or less successful in achieving the intended learning outcomes for their students. J. Toussaint hypothesizes that these experiments with "integrated scientific teaching" will lead to the evaluation of different teaching approaches.

University actors

For P. Mendelsohn, the dissemination of IBST results primarily from a volunteer movement supported by motivated teachers gathered around a 'pioneer' of such methods. Although many executives, especially inspectors, are involved in the development of this policy, institutions still have to organize the implementation of IBST generally. Mendelsohn also emphasizes that institutions are in need of the necessary scientific equipment in order to support such teaching methods; an aspect that requires investments whose "political" dimension is obvious.

The Grenoble IUFM¹² has supported IBST methods for a long time, and more generally the "Hands On" experimental approach in teacher education. Their view is that it is essential for new teachers to experiment by themselves before engaging in such practices with their future students. Thus, during their teacher education, it is crucial to give new teachers the opportunity to conduct experiments by themselves. In order to allow new teachers to become familiar with IBST methods, IUFM has always supported the creation of both specific rooms dedicated to experimentation, and lab-assistant jobs.

In the Versailles region, as reported by J. Lebeaume, IBST methods are present in all CPD programmes. In order to promote better understanding, they are organized in non-sequential modules: teachers exchange, test contents, validate them (or not), and compare implementations. IUFM offers materials, educators, and documentary resources. Local authorities post teaching sequences on their websites, maintain a network of centres for science resources and organize pedagogical counsellors' interventions for primary schools.

Teachers' CPD programmes

Most CPD programmes¹² are offered by either local authorities or research institutes.

In order to better understand what is available in respect of CPD programmes about IBST, an investigation has been conducted into training provision by the educational regions of Grenoble, Lyon and Rennes, which are the regions of the laboratories involved in S-TEAM.

1. Grenoble educational region

Concerning inquiry-based methods, twelve CPD programmes have been offered during the 2009-2010 school year: two in mathematics, three in physics and chemistry, three in technology, one in biology and three for teachers who are competent both in mathematics and science (in vocational high schools). They will involve 755 teachers in CPD programmes lasting an average of six hours.

Three CPD programmes include explicit IBST methods in physics and technology. The other titles address scientific activities (modeling and evidence, classification), the understanding of teaching content [pedagogical content knowledge] and teaching approaches from new programmes and new forms of assessment.

¹² Instituts Universitaires de Formation des Maîtres - the French teacher training providers

The descriptions of CPD programme contents and goals suggest that IBST methods are a central concern, and are often explicitly mentioned. Furthermore, the use of terms such as 'experimental' or 'inductive' teaching approaches, or the description of problem-solving situations suggest that CPD programmes rely heavily on IBST methods.

Analysis of course goals highlights the desire to make teachers rethink their own roles, and those of of pupils, in this type of educational approach. There is also a desire to rethink work environments (use of ICT, new software, laboratory design). Finally, these courses aim to ensure that teachers use new assessment methods, particularly in relation to pupils' experimental abilities.

Observation, experimentation and reasoning, acquisition and mobilization of knowledge are central for these teaching approaches. Learning outcomes, however, are concerned with specific scientific knowledge acquisition, and not about. problem-solving or generic attitudes such as motivation. Several measures require knowledge from different scientific or industrial fields, without teachers from different disciplines being involved in these cross-disciplinary CPD programmes.

2. Lyon educational region

It offers 23 CPD programmes including two interdisciplinary ones, for 1 300 teachers of mathematics, physical sciences, technology and biology. The average length of these programmes is ten hours.

Inquiry-based methods or situations are specifically addressed by twelve programmes. Six deal with experimental work and problem-solving situations, and five others with computer-assisted experimentation (CAE) or knowledge contributions for specific scientific content.

Inquiry as a teaching approach or learning situation constitutes a professional development issue regarding disciplinary content, the common base of competences, or the use of digital material. CPD programmes emphasize teaching strategies organized around themes or issues that necessitate the acquisition and mobilization of specific knowledge. They aim to disseminate new teaching strategies, and to identify pupil activities amenable to IBST methods. Pupil activity is mainly addressed with respect to their initial representations of scientific concepts, their learning outcomes, or their possible attitude during inquiry, questioning and research activities. Teachers are invited to identify the different stages of IBST and its links with problem solving or technical

project approaches. The development of new teaching strategies and new assessment procedures thus represent the core of CPD programmes in the Lyon region.

3. Rennes educational region

It offers thirteen CPD programmes to 246 teachers, with an average duration of ten hours. Content and objectives in relation to IBST are explicitly present in nine of them. One programme focuses on interdisciplinarity and continuity between the primary and secondary school levels, including the relationship between inquiry-based learning and project or problem solving approaches.

The new science curriculum has given rise to CPD programmes, mainly due to new problems emerging from IBST. These programmes clarify issues of motivation, commitment, autonomy, initial ideas and understanding through the analysis of pupil activities. The design of teaching material by teacher teams, the analysis of practices, and the sharing of experiences are central to these CPD programmes.

Training offered by Research Institutes

The CPD programmes of the Mathematics Teaching Research Institute (IREM) and the Pedagogical Research National Institute (INRP) concern modeling, development of experimental protocols, problem solving approaches during the baccalaureate experimental test, and the integrated curriculum of science and technology (EIST). The main difference from the local authorities' CPD programmes is their duration, ranging from 12 to 18 hours. Some procedures integrate experimental experiences and existing knowledge.

Summary: inquiry-based methods and their integration with other training issues

Currently, IBST methods are the target of CPD programmes through the implementation of new curricular materials, educational procedures and assessment methods. In addition to an improved understanding of the IBST approach, CPD programmes help teachers to understand pupil activities resulting from IBST, in order to better regulate teaching and learning processes.

Most CPD programme descriptions highlight the link between the nature of scientific knowledge, the necessary acquisition of knowledge by students and IBST. Experience sharing and analysis are the main CPD programme procedures. Only a few of these

programmes bring together teachers from different disciplines, although the emerging need to grasp the complexity of the physical and human world requires interdisciplinary inquiry-based methods.

Finally, within these programmes, IBST methods are either separated from those of problem solving, or considered in connection with them. Furthermore, they distinguish between real scientific practices and pedagogic approaches promoting curiosity and preparing students to learn. This may help to renovate didactic and pedagogic approaches in science education, allowing pupils to be involved in authentic and accessible scientific practices, through the implementation of IBST.

Section Four: Education and training policies for inquiry-based methods

Along with formal CPD, the transformation of teachers' conceptions and practices often results from social interactions generated through cooperative projects, whether initiated by local authorities, or in partnerships, and supported by communities. The questions regarding policy, therefore, are:

- Which ongoing projects aim to promote pupil motivation and interest in science subjects?
- What is the role of the institutions (Ministry of Education, university, local authorities)?

The actors' point of view

Institutional actors

For the institutional actors of this investigation, the experimental introduction of science and technology integrated curriculum (EIST) in lower secondary school (age 11-14) creates an opportunity to implement IBST methods, as reported by D. Rojat. This integration of different scientific subjects is part of the goal of a common knowledge and competences base, to be mastered by all students at the end of compulsory schooling (age 16). During the S-TEAM French National Workshop at Grenoble, Alice Pedregosa, who followed the EIST experimentation for the Academy of Sciences, described this common base. It states that, through experimental science and technology learning, students will be able to:

- Practice a scientific approach, to know how to observe, to question, to formulate an hypothesis and validate it, to argue, and to model in a basic way
- Manipulate and perform experiments with natural phenomena

EIST aims to offer students a unique science and technology teaching and learning experience during the first two years of lower secondary school. Implementing this integrated teaching necessitates a team of teachers from three subjects: biology,

technology and physics-chemistry. These three teachers act closely in order to elaborate teaching sequences and conduct pupil assessment. They have an hour of cooperation [per week] in their agenda. Three groups of students are formed from two sections. Each teacher supports one group of the same students throughout the year to teach the entire course of "science and technology".

This integration aims to minimize the division of subjects which makes difficult to grasp the meaning of taught knowledge. According to A. Pedregosa, however, integration is not without risk because it can affect the students' identification and construction of the various scientific fields, or make some fields entirely disappear. In extreme cases it could lead to the emergence of a new single discipline. Controversial and complex at the same time, this subject still faces numerous obstacles. Integration is positioned as a compromise between the extremes poles of division and fusion.

Some partial evaluations of the EIST experiment have been made. They show, as reported by A. Pedregosa, that the fundamental contribution of this experiment comes from the collaboration, teamwork, meetings and partnerships that result from this new approach to teaching. At the local level, these interactions take place within the core group formed by the three volunteer teachers, supported by their headteacher who ensures the project's cohesion and dynamism. At the regional level, support and guidance for teachers is provided by the inspectors of each of the relevant subjects, and specific local authority services for innovation. Finally, the EIST website plays an essential role for information sharing and collaboration amongst teams and with national actors. These first results demonstrate an evolution of teaching practices with benefits for pupils in terms of competences related to inquiry-based learning. These results remain to be validated in order to identify a model for further development of EIST.

According to A. Pedregosa, the originality of EIST relies on the collaboration between three teachers, who are each subject specialists, in order to build an integrated teaching process. This collaboration is the core of the project. It must however be accompanied by resources for teachers, such as specific material and guidelines.

Regarding high school, J. Toussaint reinforces the case for P2S (see above, p.23). The service for innovation and experimentation (PASIE) closely supports this programme. In this context, students were interviewed about these activities, which occupy two to three hours per week during the year. Their answers show that they like hands-on activities, teamwork and complex matters, but above all they are interested in the research

approach, and in their autonomy during inquiry-based sessions. So learners' motivation seems to be improved by IBST. How can we know more about the factors influencing this motivation?

The international ROSE (Relevance of Science Education) project¹³ aims to compare the orientations of 15 year-old pupils in different countries towards a wide range of topics relating to science. According to Faouzia Kalali (INRP) this project takes account of their point of view in order to design more relevant science themes and teaching procedures, since pupil motivation plays a central role in scientific learning. This motivation has been evaluated by Florence le Hebel and Pascale Montpied (ICAR CNRS laboratory - ENS Lyon), using a significant French sample. They consider pupils' 'ideal types' profiles about willingness to learn subjects relating to science. Coherently with many previous studies, the results suggest that girls and boys maintain separate motivations to learn science. Being aware of this duality of views is useful in order to adjust science lessons by respecting and benefiting from this diversity. Overall, however, these results show that some extra-educational experiences favour the appearance of specific interests in scientific questions. The results show that students are interested and motivated by questions requiring integration of knowledge from several scientific disciplines. This suggests that teachers' discourse and activities need to consider both the diversity of students' experiences, and the relationships amongst phenomena and elements of science, which result from true-life experiences and representations. Such experiences seem necessary for the generation of pupil motivation. Six positively valued themes were identified and may provide a basis for the improved design of teaching sequences:

- Living organisms, molecules, atoms and molecular biology (from ecosystems to cloning)
- Human life and death: from esoteric, biological or medical views to bodily aesthetic issues
- What made science what it is, the history of science, what remains unknown and how science impacts upon our present
- Space and all types of scientific discoveries around it

¹³ www.ils.uio.no/english/rose/

- The relationship of science and technology to the planet, from high technology to ecology, and from their advantages and problems to how they function;
- Earth and the universe: how human activity interferes with their dynamics.

Local authority actors

Local authorities are important actors in school policy since each local level (city, district, region) is in charge of a school level (primary, lower secondary or high school). The case of Grenoble city is very interesting. This was described at the S-TEAM French National Workshop in 2009 by Xavier Normand, who is responsible for the creation of a "pilot science high school" in socially disadvantaged sectors of Grenoble.

This project arose from a meeting between Georges Charpak, Nobel laureate in physics and founder of *La main à la pâte*, and Michel Destot, deputy mayor of Grenoble, at the conference "Science Learning in the Europe of Knowledge", in November 2008. This project is modelled on Leon Lederman's *Teachers' Academy for Mathematics and Science* in Chicago. It aims to create a high school, welcoming 600 students from all socio-cultural backgrounds with gender parity, promoting teaching strategies radically based on IBST methods. Through this project, Grenoble city wants to pursue its support for innovative educational approaches, as with e.g. *lycée international de Grenoble* (International High School). It aims to strengthen the scientific field by bridging together universities, research organizations and companies. It wants to encourage scientific vocations amongst the younger generations and to clearly promote science as a factor of social development --particularly within socially and culturally disadvantaged people who are under-represented in the scientific departments of the universities.

The project itself has four parts, each being either the transposition of an existing process or the creation of an innovative and transposable process:

- The creation of a pilot centre for *La main à la pâte* which allow the generalization of IBST to primary schools within the city's territory and its suburbs.
- Supporting the dissemination process of science and technology integrated curriculum (EIST), based on IBST in a local lower secondary school (ages 11-14) and of the creation of science workshops, as a way to arouse pupils' curiosity and

motivation, and prepare them for registration in "Charpak sections" of the new high school.

- The creation of "Charpak sections" in the new high school (ages 15-18), which will offer specific science courses to students. Students will be recruited for their interest in science and technology, under an individual learning contract. The three-year curriculum will prepare all students for a scientific baccalaureate and for university studies. Specific actions will give greater visibility to scientific careers in laboratories and innovative companies, while providing students with motivation and self-confidence.
- The construction of a boarding school of excellence that will enable the new scientific high school to accept at least one third of its students from the wider region (Rhône-Alpes).

This project is in progress, but shows that it is possible to support synergies between different actors of social, scientific, economic, cultural and political life through IBST dissemination.

This idea is echoed by Genevieve Fioraso, who attended the S-TEAM French National Workshop as a deputy in the National Assembly (Parliament). She identifies several factors hindering the development of a knowledge society which promotes solidarity amongst people:

- In Western countries, entry to science vocations after high school is decreasing, especially for girls. Nevertheless, in France, more girls than boys get a scientific degree with high marks.
- A lack of basic scientific culture is felt at the highest level of political representation. Debates, e.g. about GMO, are often polarised, or merge scientific data and economic factors with political postures.
- This polarised climate and the resulting decisions amplify a loss of confidence in science as a source of social, health, and civic development. Unfortunately, media often prefer sensational approaches to more pedagogical ones, and amplify public distrust of science. This creates misunderstanding between scientists and journalists, and reduces the attractiveness of science.

- The French educational system shares responsibility: scientific disciplines are used as vectors of student selection, and not for their intrinsic interest or the discoveries they allow. Moreover, subject divisions are dissuasive, particularly in higher education where many students have multiple interests. Such open-mindedness is, however, required for scientific research.

These facts lead to some recommendations from G. Fioraso:

- Specific actions should be taken to encourage interest in science subjects for girls, through a better understanding of scientific and technological careers or the intervention of female scientists in science classes. An improvement in gender parity within research organizations is also needed.
- Teamwork and exchanges of good practice amongst teachers should be encouraged, as a way to improve teaching strategies and to create a dynamic climate of innovation in which students can be involved. Here, international exchanges, especially those involving European cooperation, are particularly suitable because they allow both the practice of foreign languages by students and the sharing of scientific, didactic and pedagogical knowledge by teachers.
- The removal of barriers between subjects should be encouraged, by supporting interdisciplinary projects. To enhance science's attractiveness, we need to develop connections between arts and sciences, and between social sciences and natural sciences. The creation of combined courses (e.g. business and technology, art and science) could be made easier.
- To focus on interactive teaching methods, with more hands-on activities, practical work, experimentation. There needs to be trust in curiosity and inquiry.
- To develop partnerships and networks: the competences of the Industrial, Technical, Scientific and Cultural Centres (CCSTI) and the interventions of specialized voluntary associations should be used and encouraged in schools or with pupils, from a very young age.

In a more general way, G. Fioraso calls for societal, social, economic and cultural issues to be put back into the core of the scientific enterprise. It is important to position science at the centre of sustainable development in its three dimensions: economic

development, environmental protection and solidarity, at the global level. According to her, two local initiatives promote these recommendations.

The first of these comprises the project for a scientific high school for young people from disadvantaged sectors, described above by X. Normand. The second is the establishment of a support action in higher education, by the University Joseph Fourier, for socially disadvantaged students who obtained vocational or technological baccalaureat with high marks, which will be presented below.

University actors

The Grenoble University Joseph Fourier (UJF) is in charge of science teaching in the region, and has historically promoted science courses in higher education. Jacques Gasqui, University Vice Dean, aims to enhance pupils' ambition to engage in scientific studies. For this, we need to create contacts between "worlds" that do not know enough about each other, and particularly between secondary schools and higher education. A network of high schools and universities was founded in early 2005, through the ASUR operation.

The ASUR operation has allowed the development of exchanges designed to sustain high school pupils interest in science, such as lectures by researchers in classrooms, pupil visits to scientific laboratories and university students giving talks to pupils from their former schools. These university students are ambassadors for their scientific discipline, who help to support pupils in creative projects and experimental work. ASUR also promotes exchanges on educational practices between teachers from secondary schools and those in higher education. Other activities include students tutoring pupils from educationally disadvantaged areas, participation in the national contest "Science Summit¹⁴" or hosting "Expo-Sciences" every two years on campus. The UJF supports all these programs with specific credits and recognition of the workloads they involve for lecturers and researchers.

On the other hand, UJF aims to strengthen the attractiveness of scientific courses. From first year undergraduate courses (age 19) onwards, UJF introduces 'fast-track' courses of excellence whilst being open to all students and providing equal opportunities.

J. Gasqui mentions the "courses of excellence" in research laboratories for the best

¹⁴ Faites de la Science

students from the first and second years of undergraduate study, and also specific support for students facing difficulties. Finally, since autumn 2009, the UJF has established the Higher Education Vocational Education National School (ENEPS), which is a track of excellence reserved for professional graduates in the production sector. It provides education opportunities at Masters level in the fields of energy management, renewable energy and communication. In this school, pedagogy is strengthened: on the one hand, tutoring and supervision in small groups is the norm; on the other hand, each student benefits from personal sponsorship by a professional from the local economic sector.

In a similar perspective, P. Mendelsohn describes the case of the Grenoble institute for teacher education (IUFM), which offers specific scientific programmes for student teachers. The fact that the IUFM is part of UJF guarantees its quality: the many training platforms and famous UJF laboratories allow students to readily observe research “in progress”. This promotes the education of future teachers who are dedicated to IBST.

Summary: numerous actions promoting science teaching

This survey, though far from exhaustive, shows that there are numerous actions in progress for IBST dissemination. They are organized in three areas: CPD programmes, educational structures and networks.

Regarding CPD programmes, the French tradition is to focus on current reforms, which is perhaps not the most efficient way to proceed. On the one hand, this gives actors a sense of perpetual change, which does not lead to the enhancement of teaching strategies in the long term, since future initiatives will focus on other issues. On the other hand, the lack of continuity weakens the cohesion between younger and older teachers from the same school, since they cannot benefit from the same CPD programmes.

Fortunately, beyond the change of CPD programme titles, the same content persists, especially concerning IBST methods. In experimental science, at least, the dissemination of IBST methods is embedded within CPD programmes in many subject areas. The creation of integrated science curricula, the central role of the “knowledge and competences common base” or the mastery of digital tools provide many opportunities to implement approaches based on experiments or inquiries, and to give some autonomy to learners. French programmes are based on these IBST methods.

The dissemination of IBST also requires structural changes. In secondary schools, we quoted a scientific high school project designed to motivate pupils from socially disadvantaged sectors towards scientific careers. In higher education, we reported the creation of a school for students in vocational and technological careers in order to support these students who do not come from traditional courses. Teacher education also aims to enable future science teachers to master the necessary knowledge and competences to "make" science with their students.

In the long term, IBST dissemination will be facilitated by the establishment or strengthening of exchange networks between teachers and educational structures. On one level, these networks are specifically for teachers. They consist of databases maintained by local authorities, professional associations or research institutes such as INRP, and also involve direct interactions, through class sponsorship by scientists and pupil tutoring by students.

At another level, these networks involve partnerships, often maintained with the help of communities and based on science-related interventions in schools by actors from the voluntary sector, European exchanges between classes, etc. These partnerships provide opportunities for real-life experiences of science, and these moments seem to play an important role in pupils' motivation to learn about science.

Conclusion : a dynamic in progress

Dissemination strategy of inquiry-based methods in France is still a dynamic in progress. This dynamic is anchored in the traditional “learning by doing” pedagogy, which aims to support learners in making meaning at school. Nevertheless, this dynamic is stimulated by the current challenges of scientific, social and cultural life: the complexity of issues which require the merging of multiple approaches beyond disciplinary boundaries; the speed of societal and economic changes which enhance the development of flexible competences and minimize the transmission of obsolescent knowledge; the need for a minimum of cultural cohesion for people to understand, discuss and vote on scientific and socio-technical questions. Since it plays a central role in these challenges, IBST needs to be improved.

These improvements are in three main areas. Firstly, the amount of autonomy given to learners in inquiries or investigations needs to be increased. Secondly, what has been learned during the IBST session, in other words, its learning outcomes, must be made explicit. Finally, there is a need for assessment practices which support learning outcomes, including outcomes from self-regulated learning. With respect to these points, teacher education and continuing professional development need to be intensified.

Key factors for IBST improvement

Inquiry-based methods are not, however, suitable for all students. Several studies have shown that some students are disadvantaged by constructivist approaches which are based on student actions and problem solving, on open-ended investigations, on social interactions and on knowledge transfer from an experimental mode to a higher level of conceptualization. Thus, should we immediately give up the methods proposed by the Rocard report¹⁵? The S-TEAM project aims to prove that the answer is 'no'.

¹⁵ EC (European Commission) (2007) *Science Education Now: A renewed Pedagogy for the Future of Europe: Report of the High-Level Group on Science Education* Brussels, EC Directorate -General for Research: available at: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

This is, firstly, because our German colleagues have validated the development of approaches based on pupil activity. They show that IBST increases performance in standardized evaluations (cf. Appendix 2). But there is a condition for this development: teachers need to regularly question and discuss their conceptions and practices amongst themselves and with educators in order to avoid isolation in the face of change. Strengthening collective work amongst teacher probably represents the first key factor for IBST dissemination and improvement.

Secondly, IBST is effective because constructivist approaches can be enhanced by explaining to students what they have to learn and providing effective learning strategies. Again, many studies show that supporting students' metacognitive processes, or explicitly teaching them metacognitive strategies, in addition to posing authentic problems, helps them to master scientific competences. This enhancement of self-regulated learning represents a second key factor since it increases learners' motivation and promotes greater equity in success.

These two points suggest new fields of research and practical experimentation, for the development and improvement of IBST. Therefore this report concludes that IBST dissemination should continue, on condition that the concept is refined and that the related teacher education and continuing professional development programmes are strengthened.

And if everything was not depending on educational actors ...

Despite the advantages of IBST, as outlined above, it is unlikely that teaching methods alone can change the orientation of pupils towards scientific careers. During the 2009 S-TEAM French National Workshop, P. Bressoux drew attention to the danger of relying on an over-simplified view of the causal links between interest in science at school and entry into scientific careers.

For the director of the Educational Science Laboratory (L.S.E), any plan for promoting motivation and students' interest in science subjects must refer to an explanatory model of disaffection for scientific studies, such as the model of eligibility proposed by Louis Lévy-Garboua.¹⁶ In this model, the expected benefits of a degree will decrease, on

¹⁶ see e.g. Garboua, Louis-Lévy (2004), "An Economist's View of Schooling Systems" (with N. Damoiselet, G. Lassibille, L. Navarro-Gomez), in C. Sofer (ed.), *Human Capital over the Life Cycle*, London: Edward Elgar, 53-68.

average, when there is mass access to university. Thus, students are faced with two crucial options: either they try to maximize their future income and thus sacrifice their current well-being; or, if they feel they are unlikely to achieve social integration, or to maximize their incomes, then they will, conversely, favour their current well-being. Thus, individuals face a choice between current life quality and membership of a future elite. The investment required by scientific studies corresponds to the elite market, since scientific studies probably require more work than other subjects. This choice represents a key element for the understanding of disaffection with scientific studies. Indeed, a research study by L.S.E. of student attitudes throughout the Rhône-Alpes region shows very clearly that the degree of effort allocated by students to their studies depends on their expectation of future earnings.

Thus, disaffection with scientific studies needs to be considered in relation to current and expected socio-professional integration. On the one hand, through appropriate teaching strategies, we need to improve the chances of success in science subjects of all types of students. On the other hand, however, we need to ensure that the nature and distribution of available career opportunities for science graduates are desirable and fair. These two approaches are likely to operate in parallel.

Prospects for institutions, teacher education, and research

Regarding institutions, some changes are needed. They focus on programmes and assessment procedures.

- Focusing the curriculum on competence mastery: i.e. on the acquisition of established knowledge; on development of the capacity to act in different situations; on establishment of appropriate attitudes towards everyday scientific issues. This leads to the creation of spaces in which there is freedom for both the deployment of inquiry-based methods and the integration of different scientific subjects.
- Developing formative assessment of pupil scientific competence development, as prescribed by the curriculum, which is open to the use of external resources for problem solving, even during tests, and supported by pupil self-regulation of learning. Normative tests that only require knowledge or know-how replication need to be replaced by more accurate assessment strategies. Regarding teacher education and CPD programmes, the main changes should focus on strengthening teachers' collective work and resource implementation, notably online (see appendix 3):

- Supporting interactions amongst science teaching professionals about issues which concern them. These interactions should not only bring together teachers from the same team, but also teachers from different levels (primary and secondary, secondary and higher education), together with field scientists, local authority partners (voluntary sector, resource centres, museums, etc..), and entrepreneurs in the scientific field. Overall, there should be exchanges amongst all stakeholders concerned with the enhancement of science teaching and by its attractiveness to both boys and girls.
- Implementing resources for science teachers. These include human resources (classes split into groups of 12-15 pupils; laboratory workers to assist with experiments). They also include structural resources, such as the creation of excellence courses, especially for young people from disadvantaged social groups, or specific courses for students aiming to be teachers. Finally, they include digital resources, for example because web-based meetings, at national, European and global level, are useful for changing ideas and teaching practices.

Finally, two perspectives can be identified regarding research. One is about the activity of actors during inquiry-based methods, the other about the effects of these IBST approaches on school learning.

- Understanding teachers' activity in inquiry-based learning. From an ergonomic perspective, related to research which models the activities of aircraft pilots or fire fighters, we need to understand what teachers do when they implement IBST. What are their goals? What are the cues which guide them in IBST sessions? What is the extent of their repertoire of actions? From what reference knowledge do they justify their actions? Most of these practices come from professional culture, thus we need to identify forms of collective work which influence teaching towards the most appropriate strategies, including strategies for coping with learners' diversity.
- Measuring the IBST impact on learning outcomes. This impact can occur at several levels: the nature of activity displayed by different types of student during inquiry sessions; acquisition of the various elements of competence; motivation for science; competence in self-regulation. We argue that these weaknesses in research cause uncertainty for teachers, and impede IBST dissemination.

S-TEAM Deliverable 4a: Dissemination Strategy for IBST in France

Each of these points is based on current knowledge, or actions which are already beginning to take place. Therefore, we need only to support a work in progress.

Appendix 1: Questionnaire about the dissemination strategy of IBST

Within the European S-TEAM project, we wish to specify a dissemination strategy for inquiry-based methods, especially in France.

The objective is to identify appropriate strategies for teacher training at local, national and European level, in order to make them known throughout the different education systems.

We need information on four areas: teaching strategies, programmes and educational courses, evaluation approaches, educational and training policies, all regarding inquiry-based methods.

We would like to know your opinion on these issues, or at least on those that concern you most.

Finally, in order to make our results more concrete, we would like you to briefly describe a training programme for teachers which seems particularly appropriate to you.

We undertake to provide you with a draft document drawn from your answers so you can make requests for changes or provide comments.

Thank you very much for your cooperation.

1. Teaching strategies regarding inquiry-based methods

a) How would you define the term "inquiry-based methods"?

b) What are the purposes of these methods?

c) What distinction can be made between inquiry-based methods and traditional approaches to science instruction?

d) How can this distinction can be justified?

e) What benefits do inquiry-based methods offer to teachers or students?

f) What new constraints do they imply?

2. Teaching programmes and school courses

S-TEAM Deliverable 4a: Dissemination Strategy for IBST in France

- a) What part do inquiry-based methods play in current teaching programmes and school courses, notably in secondary schools, including professional or vocational schools?
- b) Are these inquiry-based methods integrated into current teaching programmes and school courses?
- c) Alternatively, do they constitute an additional workload within these programmes and courses?
- d) Do they constitute an opportunity to restructure lessons?
- e) Are sufficient time and resources provided for their implementation?

3. Assessment

- a) To what extent are officially established assessment practices coherent with inquiry-based methods?
- b) In schools, what are the emerging assessment practices that aim to promote motivation and pupil interest in scientific disciplines?

4. Educational and training policies regarding inquiry-based methods

- a) What part do inquiry-based methods play in education and training policies?
- b) How do teacher training/education institutions enable teachers to enhance their repertoire of actions for the implementation of inquiry-based methods?
- c) What professional development resources are available for teachers, including the pedagogic or subject-specialist teams of the institution?
- d) What ongoing projects seek to promote motivation and students' interest in science disciplines?
- e) What is the role of your institution (Ministry of National Education, teacher training, university, research, local authorities) in this matter?

5. Brief description of a particularly relevant training programme

- a) What is your target audience?
- b) How are participants selected?
- c) What are the main objectives of the training?
- d) How does the training take into account the expectations of participants?

- e) How is the training system organized ?
- f) What are the features of the training which give a sense of responsibility to participants?
- g) What are the expected and recorded effects of the training?
- h) Can you provide a web link to access the training content or can you send written documents?

Appendix 2: The dissemination of inquiry-based methods in SINUS

The concept of the programme SINUS aims to improve instruction in mathematics and science in secondary schools (grades 5-10) and hence students' attitudes towards, and their achievement in these subjects. It offers teachers the opportunity to develop instructional skills in groups with teacher colleagues from their own and other schools, in conjunction with researchers. The programme was jointly funded by the Federal Ministry of Education and the Ministries of Education of the 16 federal states in Germany and was designed to reach a substantial number of schools within approximately ten years. It started in 1998 with 180 schools from 15 federal states. In two dissemination phases between 2003 and 2007, the number of schools increased to about 1,800 (from 13 federal states). The official funding of the program ended in 2007. From then on, the federal states have been in charge of the further dissemination of the approach.

The designers of the SINUS approach assumed that in order to achieve substantial and sustainable improvements in instruction, teachers have to be given ownership of the process. They have to find ways to deal with challenging situations and to broaden and refine their repertoire of actions by themselves, instead of being told by someone from the outside. This can best be achieved if teachers work on their instruction in groups with their colleagues from the department, and with teachers from other schools, on a regular basis. In these groups they have to identify challenging teaching situations and agree on goals they want to achieve within a certain time frame. In order to be able to develop their teaching skills and their instruction, teachers need support, especially at the beginning of the process.

The SINUS approach offers teachers an organizational framework and a structure to develop and improve their instruction in collaboration with colleagues on a long-term basis. The successful implementation required:

- The identification and description of common problem areas in mathematics and science teaching.
- The translation of these problem areas into workpackages (modules) that offer teachers ways of improving their teaching practice based on evidence-based

research. These modules do not refer to a specific content area (for instance forces or chemical equations) or teaching method (for instance group work or use of argumentation). They focus instead on the question of how instruction has to be changed to improve pupils' learning (how should teachers deal with pupils' conceptions? how could assignments offer pupils more opportunities for learning?).

- Teachers have to be supported by material that provides new ideas and examples of teaching approaches, productive assignments for practicing, lesson plans, etc.
- Teachers have to be supported by the heads of their schools.
- Teachers have to be given time and resources to jointly develop new approaches in their groups, try them out in their classes and deeply reflect on the outcomes with their colleagues.
- These processes in schools have to be facilitated by coordinators who initiate and organize the work, offer feedback, arrange for the exchange of ideas and experiences with other schools, and make sure that the teacher groups work in line with the concept.

Although a variety of materials has been produced by the participating teachers over the last 12 years, the distinctiveness and strength of SINUS lies in the actual process. Dissemination of the SINUS approach thus means to disseminate this process. It does not mean the production and distribution of materials to other schools in the form of booklets, CDs or via the Internet.

The dissemination uses many of the same principles as the implementation of the programme but is based on a much broader range of experiences. The more experiences from schools are available, the more the dissemination is facilitated.

For a successful dissemination, the teachers and the school heads have to be committed to the goals and principles of the approach. This can be achieved by letting them decide which of the modules are relevant in their school context. The module structure offers a possibility to focus on specific problems, which minimizes the risks that teachers feel overchallenged and unable to cope with the changes. Moreover, it creates the possibility of seeing and experiencing success. The science department in an individual school has to agree on a binding working programme. The teachers have to

identify typical teaching problems and potential ways of improvement with respect to the modules. Important aspects of the modules should be included into the syllabi of the school. The teachers have to document and evaluate the new approaches in order to be able to share and discuss them with teachers from other schools.

The teachers need support from coordinators at different levels. There should be one coordinator in each school who is responsible for the organization of the work and the communication with other levels. There should also be regional coordinators who are responsible for a network of schools. They should know the principles of the approach very well and be able to initiate the work in the schools. Furthermore, they should arrange the exchange with neighbouring schools and provide feedback at regular intervals. Finally, there should be an overall coordination which enables the exchange of ideas and experiences between the school networks, provides new ideas and training for coordinators and schools, and tries to ensure the overall consistency of the programme.

School authorities should support the dissemination by providing time and space for the teachers to work collaboratively on their instruction. Moreover, they could further facilitate the dissemination and the appreciation of the programme by adequate changes in curricula and assessments to show teachers, parents and pupils that this development in instruction is consistent with the overall educational goals. Institutes for teacher training and universities should provide appropriate courses for the schools and strengthen the pedagogical ideas of the approach (modules) in their programmes for initial teacher education.

Appendix 3 : Online resources

ACCESS (Continuous Update of Teachers Knowledge in Science)

Weblink : <http://acces.inrp.fr/>

The ACCESS team is a INRP team working on issues of updating teachers' knowledge in Life and Earth sciences. The resources available on the website include collaborative work spaces on modelling practices and simulation in geoscience as well as in neuroscience, many software downloads, several training offers (notably "Formaterre" and "Formavie") and a set of information files (including several theses and publications) and teaching activities in the field of Life and Earth Sciences.

La main à la pâte

Weblink : <http://www.lamap.fr/>

La main à la pâte was launched in 1996, at the initiative of Georges Charpak, Nobel Prize in Physics in 1992, Pierre Léna, Yves Quéré and the Academy of Sciences in order to renovate sciences and technology teaching in primary schools by promoting an instruction based on a scientific inquiry approach. The approach advocated by *La main à la pâte* is based on ten principles and articulates scientific learning, mastery of language and citizenship education. For this, teachers submit objects and world phenomena to their pupils' curiosity, inspiring scientific questioning. This leads to the formulation of hypotheses to be tested by experimentation or verified by information retrieval. Thus, students gradually take ownership of scientific concepts and operative techniques and strengthen their speaking and writing.

Many actors, teachers, trainers, pedagogic advisers, inspectors, engineers, scientists, science students, etc.. participate in the various accompanying measures implemented by *La main à la pâte*. The operation is coordinated at the national and international levels by a team of fifteen people based in the premises of the Ecole Normale Supérieure in Montrouge.

Available resources on the website include scientific literature on various topics (astronomy and space, plant and animal biology, human biology, ecology, etc) and documentation addressing the use of experiment booklets, the implementation of inquiry-based methods, a clarification of the 10 principles of *La main à la pâte* and on the

teacher's role, and finally several studies on the relationship between cognitive science and education.

A special space is reserved for the integrated teaching of science and technology in secondary school.

Pairform@nce

Weblink : <http://national.pairformance.education.fr/>

The program *Pairform@nce* is a national teacher training project for teachers from primary and secondary schools, aiming at the integration of technologies. *Pairform@nce* training is based on a principle of collaborative creation of class sequences. The national platform *Pairform@nce* offers continuous training courses, which are structures and sets of resources for implementation in continuous training academies.

- The project *INRP-Pairform@nce* is a research and development project of continuous training courses in mathematics, physics, geology and geography. Some of these courses, already published or under development, relate directly to inquiry-based methods:
- In mathematics, the course "Design geometry practical works with a dynamic geometry software", and aims at the implementation of inquiry-based methods in geometry in secondary to high school, by exploiting the potential of dynamic geometry software. A course titled "Inquiry-based methods in mathematics at secondary school with software" is being designed;
- In geology, "Virtual Globes" (Four courses, according to the technical expertise of trainees) seeks to integrate in geology (or possible joint work with geography teachers) some of the current tools of geomatics (Geographic Information Systems), by paying particular attention to the relationship between the experimental dimensions they allow, and scientific knowledge;
- In physics the course aims the implementation of an approach allowing teachers to explain the functioning of physics and modelling. The experimental devices are designed in such a way that students can construct ideas from physics' point of view but also, when relevant, from everyday life. In these approaches, the emphasis is put on working in small groups and on allowing students the autonomy to construct

knowledge's meaning. This allows the implementation of inquiry-based methods allowing students to ensure a sense of responsibility in the construction of taught knowledge.

PEGASE (for Teachers and Students, a Guide to Learning and Teaching Science)

Weblink : <http://pegase.inrp.fr/>

Resources available in Pegase consist of teaching sequences including a series of activities to help students capture the essential elements of the official program. The activities are organized to allow students to actively participate in taught knowledge construction in the classroom and thus promote its understanding and ownership. Activities are varied and designed to enable students to have "freedom of thought", to facilitate debates both in small groups and class in order to build the entire meaning of the concepts at stake and thus to be grounded in inquiry-based learning.

These resources also include an important component for the professional development of teachers. Some of these resources consist on comments associated with sequences, relating to the purpose of the activity (part of a sequence or a whole sequence), to its preparation, to the knowledge at stake, its correction and finally to pupils' behaviour. This last kind of comment includes, in some cases, videos of pupils currently undertaking activities. Another part of these resources provides the reasons for choices made when designing sequences and activities, in particular it presents the choices made to make pupils autonomous by having the ability to debate, while enabling them to acquire new knowledge.

Pedagogical resources of Academies surveyed:

Grenoble Academy

Weblink : http://www.ac-grenoble.fr/accueil_peda/accueil.php

Lyon Academy

Weblink : <http://www.ac-lyon.fr/ressources-pedagogiques-academie-lyon.html>

Rennes Academy

Weblink : <http://espaceeducatif.ac-rennes.fr/>



La stratégie de diffusion des démarches d'investigation en France

Auteurs :

Michel Grangeat et Joëlle Aubert (L.S.E. Grenoble)

Avec la collaboration de :

**Pascal Bressoux et Pascal Pansu (L.S.E. Grenoble),
Sylvie Coppé et Andrée Tiberghien (ICAR CNRS Lyon),
Ghislaine Gueudet et Sylvain Laubé (CREAD Rennes).**

Introduction générale

Les démarches d'investigation : une dynamique des politiques européennes

Une baisse d'intérêt pour les enseignements et les carrières scientifiques touche actuellement les pays européens. Ce déclin représente un danger pour la vie scientifique et économique. Il l'est aussi pour la vie civique dans la mesure où des connaissances scientifiques et technologiques sont nécessaires à la compréhension de la plupart des choix sociétaux actuels. Voici les faits qui motivent le rapport Rocard (*Science Education Now !*). Pour surmonter cette difficulté, les auteurs de ce rapport européen misent sur l'instauration de nouvelles méthodes pédagogiques et tout particulièrement sur un enseignement fondé sur les démarches d'investigation. **L'école peut-elle relever ce défi** à travers les méthodes d'enseignement et la formation des enseignants ? L'objectif du projet S-TEAM consiste à explorer cette question.

Le prolongement d'une dynamique ancienne

Le renouvellement pédagogique auquel appellent les auteurs du rapport Rocard ne sort pas du néant. Il s'appuie sur des expérimentations qui ont paru satisfaisantes en Europe et particulièrement sur l'opération « La main à la pâte » initiée en France par quelques scientifiques de renom. Comme souvent en éducation, nombre d'acteurs estiment aussi que des démarches semblables ont déjà eu cours dans l'histoire scolaire. De fait, dans sa conférence lors des journées d'étude S-TEAM des 20-22 octobre 2009 à Grenoble, Joël Lebeaume montre comment, dès les années 1960, la démarche qui sous-tend les Travaux Scientifiques Expérimentaux (TSE) préfigure ce que le programme préconisent, aujourd'hui, pour instaurer les démarches d'investigation. Dans la même ligne, une circulaire d'octobre 1968 propose de développer ce type de démarche d'investigation afin d'éveiller l'intérêt des élèves pour les sciences et de créer chez eux une attitude scientifique. Dans les deux cas, comme aujourd'hui, l'accent est mis sur le rôle actif des élèves, dans toutes les étapes de la démarche, et sur la nécessité de coordonner, voire d'intégrer, les disciplines scientifiques. Alors, **sommes-nous dans une sorte de mouvement circulaire** remettant continuellement en avant des choix qui seront ensuite progressivement abandonnés ?

Une actualisation des démarches d'enseignement pour plus d'équité

Trois facteurs au-moins poussent à penser que l'histoire pédagogique n'est pas une simple répétition.

Premièrement, les **choix sociétaux** faisant intervenir les sciences sont aujourd'hui fort nombreux et prégnants dans l'opinion publique Citons quelques unes des questions qu'ils soulèvent : Peut-

on consommer des plantes OGM ? Peut-on agir personnellement sur le changement climatique ? Peut-on accepter un relais téléphonique sur une école? Faut-il toujours se faire vacciner ? Il y a donc nécessité, pour la qualité du débat public, de faire s'approprier la démarche scientifique par tous les élèves car, quelle que soit leur orientation scolaire future, ils seront tous citoyens.

Deuxièmement, la **dématérialisation de nombreuses expérimentations** ne requiert plus autant d'équipements adaptés qu'il y a quelques années (la circulaire de 1968 suggérait l'installation d'une serre et d'une salle d'élevage). Certes la simulation d'expérience soulève peut-être autant de difficultés qu'elle n'en résout mais néanmoins elle renouvelle la manière de présenter la science. En tout cas, cet appui sur le numérique fait émerger de nouveaux problèmes et de nouvelles possibilités de résolution (pensons à toutes les activités assistées par ordinateur) qui sont au centre de la vie scientifique d'aujourd'hui. Les démarches d'investigation, appuyées sur la réalité de la vie scientifique en cours, dépassent alors la simple expérimentation qui régnait il y a quelques années.

Troisièmement, et dans le même ordre d'idée, les **ressources mises à disposition des enseignantes et des enseignants** sont plus facilement accessibles que celles des années avant l'internet. Les bases de données, les plateformes de ressources et les forums de discussion permettent une diffusion plus rapide des méthodes d'enseignement qui visent à renouveler les pratiques. Cela pose la question des conditions de l'appropriation de ces ressources par les enseignants et de leur rôle dans l'alimentation de ces sites. C'est alors la formation, initiale et continue, qui est interrogée.

Plan du rapport

Ce rapport vise à planter quelques jalons pour explorer ce champ et tracer quelques propositions stratégiques pour développer pertinemment les méthodes fondées sur les démarches d'investigation.

Pour cela nous présentons quatre parties. La première vise à définir les méthodes d'enseignement fondées sur les démarches d'investigation. La seconde fait un état des lieux de la place des démarches d'investigation dans les programmes français. La troisième analyse l'offre de formation pour les enseignants en se fondant sur le cas des académies où se situent les trois équipes françaises du projet (Grenoble, Lyon et Rennes). La dernière repère des projets en cours pour développer l'intérêt pour les études scientifiques.

Les données qui alimentent ce rapport sont issues, en partie, d'une exploration des sites internet des instances officielles, associatives ou professionnelles en matière d'enseignement des sciences. Elles proviennent, surtout, des contributions des participants aux journées d'étude S-TEAM qui se sont tenues à Grenoble en octobre 2009. Enfin, elles profitent des réponses à un questionnaire ouvert proposé à des acteurs repérés comme importants dans l'enseignement des

S-TEAM Deliverable 4a: Dissemination Strategy for IBST in France

sciences (cf. annexe 1). Chacun de ces contributeurs a pu disposer de la version pré-définitive du rapport afin de le commenter et de suggérer des amendements.

Stratégies d'enseignement et démarches d'investigation

Trois types de question permettent de comprendre quelles sont les stratégies d'enseignement associées à l'idée de démarches d'investigation :

- 1- Quelle **définition** donner au terme « démarches d'investigation » ? Quelles sont les finalités de ces démarches ?
- 2- Quelle **distinction** peut-on faire entre les démarches d'investigation et les approches traditionnelles de l'enseignement scientifique ? Comment justifier ce changement ?
- 3- Quels **avantages** les démarches d'investigation offrent-elles aux enseignants ou aux élèves ? Quelles contraintes nouvelles impliquent-elles ?

Le point de vue des acteurs: Les acteurs institutionnels

La question qui émerge immédiatement est celle des **critères permettant d'identifier une démarche d'investigation**, de savoir que telle ou telle stratégie d'enseignement peut être qualifiée de démarche d'investigation. Cette question est importante pour les enseignants afin qu'ils puissent échanger à propos de pratiques bien identifiées. Elle est importante aussi pour les observateurs extérieurs, notamment les étudiants, afin qu'ils puissent comprendre les buts poursuivis par les acteurs observés et les enjeux devant être surmontés.

Au cours des journées d'étude S-TEAM 2009, Florence Robine, (Inspectrice Générale de l'Éducation Nationale) propose de ne pas s'attacher à une définition selon un « catalogue » (poser un problème, donner des hypothèses, proposer des expériences, etc.), contrairement à ce que pourrait laisser croire une lecture trop rigide des programmes scolaires français. Il vaut mieux regarder ce qui se passe réellement dans la classe, comprendre l'activité du point de vue de l'enseignement et du point de vue des apprentissages : ce que font les professeurs, quelle liberté ils laissent à leurs élèves dans l'expression de leurs pensées, dans l'organisation de leur travail, dans le débat entre eux, ce que font réellement les élèves. En effet, le but poursuivi à travers les démarches d'investigation ce n'est pas l'application d'une méthode. Le but c'est de faire véritablement réfléchir les élèves, de manière à ce qu'ils soient actifs dans le cadre de l'enseignement des sciences. Il importe alors de favoriser la **collaboration entre les élèves** et donc de développer des compétences transversales telles que la capacité d'**argumentation** et la capacité de **communication** envers les pairs et le professeur. L'atteinte de ces compétences constitue une finalité importante des démarches d'investigation.

En ce qui concerne les mathématiques, selon Patrick Ferrand (coordonnateur des inspecteurs des matières scientifiques de l'académie de Grenoble), le point de vue sur la démarche d'investigation a évolué. Il y a quelques années, cette démarche était utilisée pour l'introduction des notions nouvelles ; ces démarches avaient pris une part énorme dans les enseignements au détriment des activités d'entraînement. Aujourd'hui, avec l'arrivée du nouveau programme de lycée, l'élève est placé face à un problème et doit avoir la capacité de chercher et d'essayer les outils nécessaires pour le résoudre. On vise alors la **capacité à réagir dans la vie face à un problème**, notamment un problème scientifique.

Ce point de vue est rejoint par Nicolas Giroud (professeur de mathématiques) qui définit les démarches d'investigation comme visant à résoudre un problème dont la solution est inconnue. La finalité, pour celui qui cherche, est de trouver une réponse (ou une réponse partielle) au problème initial ; cela pouvant aller de la recherche documentaire à la mise en place d'expérimentation. Mettre des élèves en démarche d'investigation c'est alors leur permettre de « faire » de la science, et non pas seulement leur « montrer » les résultats de la science. Le fait, pour l'apprenant, d'être scientifiquement actif et **responsable de sa recherche** constitue la différence principale avec un enseignement plus traditionnel. Si l'on considère que l'activité de « faire des recherches mathématiques » fait partie de l'enseignement des mathématiques, alors il est normal de faire vivre aux élèves cette activité. Il s'agit d'un aspect de l'activité scientifique qui est souvent oublié en classe.

Il reste que la définition des démarches d'investigation est complexe car fortement dépendante de la discipline. Ainsi, selon Dominique Rojat (Inspecteur Général de l'Éducation Nationale), en sciences de la vie et de la Terre, il existe un long passé d'incitation à utiliser une méthode fondée sur une pédagogie active même si celle-ci a changé de nom au fil du temps – démarches de redécouverte, par problème scientifique, d'investigation. Cependant, il ne suffit pas d'agir pour réaliser une investigation, il faut que l'action soit justifiée et tournée vers un projet. Ainsi la démarche d'investigation est aussi, dans une certaine mesure, **une pédagogie de projet**. Dès la circulaire de 1968 à propos de l'enseignement de la biologie à l'entrée du secondaire, deux finalités principales émergent :

- Éveiller les intérêts des élèves par un enseignement ouvert sur le monde afin de montrer, d'une part, que tout problème de la vie est un problème complexe reliant divers domaines scientifiques et que, d'autre part, la recherche d'une solution nécessite,

à la fois, **des connaissances spécifiques** et une appréhension du **caractère global** du problème.

- Créer progressivement chez l'élève une **attitude scientifique**, voire une « inquiétude scientifique », en évitant de donner une fausse impression de facilité et en faisant prendre conscience des difficultés que présente la recherche en sciences.

De fait, si le mot « investigation », associé à « méthode » ou à « démarche » apparaît beaucoup dans les programmes de collège de 2006, il est déjà dans les programmes de l'école, dans le programme de rénovation de l'enseignement des sciences et des technologies à l'école de 2002 (PRESTE), ainsi que dans la démarche « La main à la pâte », comme le constate Jacques Toussaint, qui intervient dans les journées d'étude S-TEAM en tant que conseiller du recteur de Lyon et responsable du laboratoire d'épistémologie et didactique des sciences. Ce qui se cache toujours derrière ce terme est l'activité que doit avoir l'élève. Cependant, d'un point de vue épistémologique, l'investigation c'est « *étude délibérée des conditions que l'on pense être en relation avec un fait ou une idée* » (J. Ziman, 1984, p,18). Dans cette mesure, il n'y a ni recherche systématique d'une réponse définitive, ni schéma de recherche en étapes figées. En fait, les injonctions à pratiquer la démarche d'investigation correspondent à une double nécessité. La première est liée à la structure des connaissances scientifiques car « *pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique* » (Bachelard, 1938, p.16). Il faut donc mener l'enquête et chercher à apporter des éléments de réponse. La deuxième nécessité est liée à la construction individuelle des savoirs puisque des études en psychologie ont montré que la construction des connaissances est supportée par des activités qui passent par la main et la mise en commun des résultats. La question de la différence avec une approche traditionnelle dépend de ce dont on parle. Si l'on se réfère aux méthodes traditionnelles et déjà actives, il y a une continuité évolutive. En revanche, si l'on compare avec des méthodes expositives, magistrales, la différence porte sur une pratique de l'argumentation appuyée sur l'analyse de faits naturels ou expérimentaux par les élèves eux-mêmes. Les avantages des méthodes d'investigation résident dans l'amélioration de l'**attention** des élèves, de la **mémorisation des notions** étudiées et de la formation aux **méthodes et raisonnements scientifiques**.

Derrière les injonctions à développer les démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences se trouve donc, à la fois, une nécessité d'interactions avec le réel et entre apprenants.

D'autres avantages sont apportés par les démarches d'investigation. Ainsi, N. Giroud les voit comme un **espace de liberté** pour les élèves : ils peuvent se poser de nouvelles questions et donc essayer de résoudre leurs propres questions. De plus les moyens qu'ils peuvent utiliser ne leur sont pas imposés.

Concernant les contraintes, il pense que c'est **une activité plus adaptée au demi-groupe** qu'à une classe entière, au-moins au début. C'est aussi **une activité qui prend du temps**, et à l'heure actuelle, les programmes ne sont peut être pas compris dans ce sens. L'importance de ces contraintes est relativisée par Hélène Combel (inspectrice en sciences physiques et chimiques de l'Académie de Créteil) pour qui, en collège et en classe entière, y compris dans des zones défavorisées, des enseignants conduisent des séances appuyées sur de véritables démarches d'investigation nourries par la diversité des propositions des élèves et les échanges qu'elles occasionnent. Elle rapporte aussi que les professeurs de collège qui mettent souvent en œuvre cette démarche de manière efficace arrivent bien à finir les programmes. Ces programmes ayant été conçus pour mettre en œuvre la démarche d'investigation, ils laissent assez de temps pour cela. Toutefois, ces démarches imposent **une nouvelle posture de l'enseignant**, une nouvelle façon de gérer la situation.

C'est sur ce point qu'insiste Évelyne Excoffon (inspectrice en sciences physiques et chimiques de l'Académie de Grenoble) : l'une des finalités des démarches d'investigation, c'est d'augmenter la motivation des élèves. Sur ce point, les démarches d'investigation et les méthodes traditionnelles expositives de l'enseignement scientifique constituent deux approches différentes : **elles opposent la créativité et la reproduction**. Les enseignants ont alors à changer de posture : peuvent-ils l'accepter ? En tout état de cause, cela nécessite au-moins de la formation.

Le point de vue des acteurs: Les acteurs universitaires

Les démarches d'investigation se réfèrent à un mouvement structuré, initié par l'Académie des Sciences, qui vise à rénover l'enseignement des sciences expérimentales, rappelle Patrick Mendelsohn (directeur de l'institut de formation des enseignants de l'académie de Grenoble). Ce mouvement prend comme point de départ l'échec relatif de cet enseignement, en particulier dans l'enseignement primaire. Il s'agit

pour les initiateurs de ce mouvement de **revenir aux fondements de ce qui fait la science** : l'esprit de découverte, l'expérimentation, la démarche expérimentale dans sa dimension active et ludique.

Si l'on considère que l'enseignement traditionnel des sciences a tendance à privilégier la dimension formelle de l'activité scientifique (recours à l'application de formules et à la résolution de problèmes), **les démarches d'investigation privilégient la démarche expérimentale et le raisonnement scientifique à partir de problèmes concrets pris dans la vie de tous les jours**. Une distinction qui se justifie par les excès issus de l'approche formelle qui conduit les élèves à savoir parfaitement résoudre des problèmes à l'aide d'équations sans avoir la moindre idée de ce qui se passe réellement au niveau des phénomènes étudiés. Comme, traditionnellement, ce sont ces compétences de répétition et d'application qui font l'objet des évaluations en France, le changement d'approche préconisé par la démarche d'investigation devrait déboucher sur une évolution sensible des méthodes d'évaluation des élèves.

Concernant les avantages de ces démarches, ils sont directement liés aux principes qui les fondent : **les élèves peuvent donner du sens à ce qu'ils apprennent** dans la mesure où ils sont amenés à raisonner en contexte et à partir d'un problème apparemment simple. Un tel point de départ motivant permet alors une implication forte du sujet dans la démarche de raisonnement en montrant combien il est difficile de prouver la stabilité d'un phénomène. Ce deuxième avantage relève donc d'une dimension motivationnelle dans l'activité d'apprentissage, manifestée par une très forte implication des élèves dans les tâches proposées. Enfin, la démarche d'investigation permet **une approche intégrée de l'enseignement** dans la mesure où sont abordées en même temps plusieurs compétences : l'expression écrite et orale, le raisonnement, les connaissances sur le monde, les mathématiques... Néanmoins cette approche intégrée s'avère très gourmande en temps et demande une formation spécifique des enseignants qui la pratiquent afin de s'assurer que les élèves acquièrent effectivement des **compétences transférables** dans de nouvelles situations.

Ces éléments sont précisés par Joël Lebeaume (professeur de Sciences de l'Éducation, Paris 5). Pour lui, les démarches d'investigation consistent à **mettre les élèves en activité à partir de leur questionnement**, lorsqu'il est repéré comme scientifique par l'enseignant. La distinction avec les approches traditionnelles porte fondamentalement sur l'origine du questionnement. Ce changement est cohérent avec la mise en place d'un enseignement de compétences. L'avantage de ces méthodes d'enseignement, c'est

qu'elles représentent des séances souvent plus **dynamiques** et moins routinières pour l'enseignant, qu'elles provoquent une évaluation qui prend ouvertement en compte la **progression** des élèves, et qu'elles s'appuient sur des situations qui mettent en **valeur** des élèves par ailleurs discrets ou en difficulté.

Cependant, toutes les notions ne se prêtent pas aux démarches d'investigation. Il existe **une artificialité de certaines situations de départ** et le questionnement des élèves est souvent marginalisé ; il représente d'ailleurs un moment de forte **prise de risque pour les enseignants**. Une telle démarche nécessite des ajustements constants en cours de séquence et l'adéquation des résultats avec le programme n'est pas toujours garantie. De plus, elle demande une forte **adaptation** aux acquis originels des élèves, une **anticipation** des niveaux de formulation des connaissances acquises et une **reformulation** de l'ensemble de la démarche en fin de séquence.

C'est sur cette question de l'explicitation de ce qui est appris que tient à insister Pascal Bressoux (professeur des universités, directeur du L.S.E.). Pour lui, il serait important de préciser ce que l'on met derrière la démarche d'investigation : s'agit-il de pédagogie de la découverte ? est-ce une variante du socioconstructivisme ? P. Bressoux craint que ne soit privilégiée, derrière cet ensemble d'étiquettes, une pédagogie du *minimal guidance* dont nombre de recherches empiriques ont montré l'efficacité douteuse concernant les acquisitions des élèves. En effet, si derrière démarche d'investigation on sous-entend des procédures cognitives qui vont s'organiser de manière automatique après une phase de recherche alors on se trompe lourdement : **toute phase d'investigation et de découverte a ensuite besoin d'éléments d'explicitation très puissants**. Les résultats des recherches montrent que si l'on reste à des niveaux très implicites alors les élèves forts s'en sortent mais les faibles sont totalement pénalisés.

Synthèse : une constellation de stratégies d'enseignement

Les démarches d'investigation apparaissent comme une sorte de **constellation de stratégies d'enseignement** à l'intérieur de laquelle les enseignants, les formateurs, les inspecteurs et les chercheurs ont à se situer. Cette constellation peut être organisée selon quatre axes.

Un premier axe est représenté par **l'existence d'un problème de recherche** dont la réponse n'est pas évidente, y compris parfois pour la communauté scientifique. Il convient donc de créer chez les élèves, les apprenants, cette capacité à reconnaître tout ce dont on n'est pas certain, tout ce qui nécessite des investigations supplémentaires. C'est **une attitude critique** à instaurer.

Un deuxième axe concerne **l'origine du questionnement** car pour faire vivre un moment scientifique aux apprenants, il est nécessaire que le questionnement qui nourrit ce moment soit leur. Cet axe est très exigeant pour les enseignants qui doivent changer de posture en prenant plus en considération le point de vue initial des apprenants et en leur laissant plus d'autonomie dans l'expérimentation de leurs idées. Il n'empêche que **faire l'expérience de la démarche scientifique** est certainement une aide pour en comprendre les exigences.

Un troisième axe, plus traditionnellement lié aux démarches d'investigation, concerne **l'activité des apprenants**. En effet, toute méthode de recherche implique le recours à du matériel et à de la documentation, nécessite une part de créativité, provoque des tâtonnements, induit des interactions et des coopérations. C'est alors une opportunité offerte à certains élèves, moins à l'aise dans les démarches centrées sur des exercices d'application, **d'améliorer leur motivation** pour les activités scolaires.

Un quatrième axe, qui semble essentiel, est celui du **niveau d'explicitation de ce qui est appris**. Les recherches ont montré que dans le cadre scolaire, il est insuffisant de mettre les apprenants en activité en pensant que de l'action découlera la connaissance. En tout cas cela ne fonctionne pas pour tous les élèves, et souvent se sont ceux qui sont en difficulté qui sont pénalisés par des méthodes fondées sur l'implicite. Il est donc nécessaire de mettre en valeur un temps d'explicitation des notions et des méthodes qui doivent être ou qui ont été acquises au cours de la séance d'investigation. Comprendre ce moment des **régulations métacognitives** constitue un enjeu pour des méthodes et des recherches futures.

La question du degré de guidance de l'activité des élèves par l'enseignant apparaît ainsi comme l'une des plus importantes. Si la guidance est minimale, les recherches montrent que certains élèves voient leurs difficultés accrues. Si la guidance est trop étroite, c'est la démotivation pointée par le rapport Rocard qui augmente. Pour surmonter cet obstacle, une voie consiste vraisemblablement à **varier le type de séance de classe sur toute la durée de la séquence d'enseignement** : certaines séances, peu guidées, privilégient plutôt le fait de **vivre une expérience** relative à la pratique des sciences ; d'autres, qui peuvent être auto-régulées, mettent l'accent sur **l'élaboration de capacités** à construire une démarche scientifique ; les dernières, guidées de prêt par la modélisation de l'enseignant, visent **l'appropriation des connaissances** scientifiques. Ces trois modalités de variation des séances de classe peuvent être articulées à l'intérieur du cadre des démarches d'investigation.

Programmes d'enseignement, parcours scolaires et évaluation

Les questions suivantes permettent de comprendre la place des démarches d'investigation dans les programmes et parcours scolaires. Une attention particulière est portée aux problèmes posés par l'évaluation.

- 1- Quelle est la **part** des démarches d'investigation dans les programmes et les parcours scolaires, notamment au collège et au lycée, y compris professionnel ?
- 2- Ces démarches d'investigation viennent-elles **s'intégrer** dans le parcours scolaire ? Au contraire, constituent-elles une surcharge aux programmes ?
- 3- Constituent-elles une occasion de **restructuration** des enseignements, en bénéficiant de suffisamment de temps et de ressources pour leur mise en œuvre ?
- 4- Comment les pratiques d'évaluation instaurées **officiellement** sont-elles en cohérence avec les démarches d'investigation ?
- 5- Dans les établissements scolaires, quelles sont les pratiques d'évaluation qui **émergent** et qui visent à promouvoir la motivation et l'intérêt des élèves pour les matières scientifiques ?

Le point de vue des acteurs: Les acteurs institutionnels

Les démarches d'investigation sont clairement suggérées comme des méthodes et même des objectifs de formation dans les programmes scolaires français, dans le primaire et le secondaire. Selon D. Rojat, elles font ainsi **partie intégrante du cursus scolaire**. Cependant, selon F. Robine, les professeurs font souvent remarquer que, les démarches d'investigation sont extrêmement chronophages quand elles sont bien faites, c'est-à-dire quand les élèves ont la possibilité de s'exprimer et d'avancer dans leur propre cheminement. Il serait alors souhaitable que ces démarches ne soient pas conçues comme une surcharge des programmes mais vues comme des temps de liberté ou une autre manière d'organiser le travail. En France, cela ne saurait être possible sans une restructuration encore plus profonde des programmes et des enseignements. Il faudrait que les programmes se montrent encore moins notionnels (c'est-à-dire moins définis comme une liste de notions à aborder absolument) et que les objectifs de formation intellectuelle soient encore mieux mis en avant : **il faudrait que l'acquisition de compétences gagne en importance**.

Cela est particulièrement vrai dans le cadre des programmes du lycée, notamment en ce qui concerne la formation scientifique, car d'énormes progrès restent à réaliser pour que les élèves français soient **mieux préparés à la réussite dans l'enseignement supérieur, en termes d'autonomie de réflexion, de compétences transversales et scientifiques**. Un travail de ce type a déjà été effectué dans le cadre des programmes du collège, il reste à améliorer pour les lycées. Cette idée est très partagée dans les groupes de sciences à l'inspection générale (le niveau supérieur du corps d'inspection français). Cependant, elle se heurte au fait que l'écriture des programmes résulte d'une négociation avec d'autres experts, qui sont parfois opposés au développement des démarches fondées sur l'investigation des élèves.

Les modalités d'évaluation sont organisées selon trois aspects, comme le relève D. Rojat :

- Une **évaluation directe, par l'élève, des résultats** de sa propre démarche d'investigation (ou de l'un de ses aspects : formulation d'hypothèse, utilisation des ressources matérielles, formulation des conclusions, etc.).
- Une **évaluation, par l'enseignant, des compétences de raisonnement** développées par les élèves dans le cadre de la démarche d'investigation.
- Une **évaluation, par la pratique, des capacités expérimentales**, en classe et au baccalauréat scientifique (examen en fin de lycée).

Cependant, à l'heure actuelle, la question de l'évaluation dans les démarches d'investigation reste le point le plus difficile à traiter. Les pratiques d'évaluation dans les classes sont majoritairement basées sur la restitution de connaissances immédiates et très peu sur des tâches complexes. Elles privilégient la résolution d'exercices qui laissent peu d'autonomie aux élèves, comme le remarque F. Robine. Ceci représente une vraie difficulté car **l'évaluation formative est très peu développée** dans les classes puisqu'elle ne fait pas partie du répertoire d'actions des professeurs. Insérer ces nouvelles méthodes qui privilégient la prise d'autonomie et l'évaluation de la qualité de la réflexion des élèves est un point qui reste très difficile et qui nécessite la mise en place de **travaux de recherche appliqués pouvant permettre de mieux former les professeurs et ainsi de mieux les aider**. Ce propos est repris par P. Ferrand qui mentionne cependant un changement de point de vue des enseignants en terme d'évaluation des élèves. Selon lui, l'objectif est d'évaluer les élèves sur leur capacité à résoudre les problèmes, et les programmes officiels laissent aux enseignants une totale autonomie sur ce point. Il reste que la question la plus importante que posent souvent les professeurs est : comment faire pour évaluer les apprenants dans les démarches d'investigation ?

Le point de vue des acteurs: Les acteurs universitaires

Les démarches d'investigation sont centrales dans les programmes du collège et constituent même l'unique démarche globale présentée dans le premier degré, mais pour J. Lebeaume, ces démarches se transforment souvent en procédures bien trop formelles. Les chercheurs sont unanimes pour noter aussi que les démarches d'investigation peuvent constituer une surcharge aux programmes, si l'on ne prend pas bien en compte les contraintes et les exigences qu'elles impliquent et notamment le fait que les évaluations et les programmes traditionnels ne font pas encore appel aux compétences qui pourraient être acquises par cette approche. De plus, J. Lebeaume, P. Bressoux ou P. Mendelsohn relèvent tous l'aspect chronophage des démarches d'investigation. Ainsi, **ces activités ne peuvent ni être systématiques ni représenter l'unique accès aux connaissances et aux compétences scientifiques**.

Cependant, selon P. Mendelsohn, ces démarches constituent, sans conteste, **une occasion de restructuration des enseignements**. Le mouvement initié par « La main

à la pâte » contient en lui-même des éléments de restructuration de l'enseignement des sciences, notamment du fait qu'il est inspiré par d'autres mouvements qui, dans d'autres domaines de l'enseignement, privilégient l'activité des élèves et la référence aux contextes qui donnent du sens aux savoirs enseignés. Ce mouvement est également à rapprocher des évolutions des textes officiels publiés ces dernières années, en particulier à propos du socle commun de connaissances et de compétences devant être acquis par les élèves. Ainsi, la référence aux compétences devrait provoquer une vraie restructuration des enseignements à condition que leur évaluation soit sérieusement prise en compte dans les examens.

Le constat des acteurs universitaires rejoint donc celui des responsables institutionnels. Pour aller plus loin, P. Bressoux questionne la capacité de notre système à jouer le jeu d'une réelle ouverture de la réussite en sciences. La filière scientifique représente la filière d'excellence et, de ce fait, les élèves intégrant les classes scientifiques ne le font pas tous en raison d'un amour pour les mathématiques ou les sciences mais d'abord parce qu'ils sont repérés comme étant de bons élèves dans un ensemble de disciplines. De même, le baccalauréat scientifique s'obtient souvent avec des notes très moyennes en sciences mais qui sont compensées à travers les autres disciplines. L'idée des élèves et de leurs parents est que le fait d'intégrer une voie scientifique permet d'ouvrir davantage de débouchés. Il faut reconnaître ce caractère sélectif, voire élitiste, des sciences, qui représentent **l'une des disciplines privilégiées de la sélection par le système scolaire**.

Avec la même idée, P. Mendelsohn pense que, pour que l'intérêt des démarches d'investigation soit fondé, elles doivent faire l'objet d'un sérieux travail d'évaluation. Il faudrait s'intéresser à l'étude des **stratégies d'orientation des élèves** qui ont bénéficié de cet enseignement et leur choix pour les filières et pratiques scientifiques. Il faudrait aussi aborder scientifiquement le **caractère « transférable » des compétences** acquises par la méthode d'investigation à d'autres domaines que les sciences ; cette question du transfert est implicitement contenue dans les avantages de la méthode mais n'a pas encore été prouvée.

Les principes des programmes du second degré

L'introduction des programmes de collège, publiés en 2008 et mis en application à la rentrée 2009, est commune aux quatre disciplines scientifiques et technologiques. Elle consacre explicitement un chapitre à la démarche d'investigation qui est inscrite dans la continuité des

programmes de l'école primaire. Le descriptif souligne le caractère diversifié et non exclusif de cette démarche. Tout en étant associée aux démarches qui favorisent la construction du savoir par les élèves, elle n'est pas considérée comme la seule méthode d'apprentissage recommandée. C'est aux enseignants de décider de l'opportunité de sa mise en œuvre selon les sujets d'enseignement abordés. La mise en œuvre de la méthode présente à la fois des analogies et des spécificités selon les disciplines, en particulier pour la phase de validation par l'expérimentation (sciences expérimentales) ou par la démonstration (mathématiques).

Les programmes fournissent aux enseignants quelques repères de mise en œuvre. Questionnement, résolution de problèmes, observation, expérimentation, élaboration de réponses, recherche d'explications ou de justifications, argumentation, sont des activités privilégiées dans ce type de démarche. Les programmes insistent sur l'aboutissement de ces activités en terme de structuration et d'acquisition de connaissances, de compétences et de savoir-faire techniques. La préoccupation des rédacteurs des programmes est constante : il ne s'agit pas de comprendre cette démarche sous ses seuls aspects pédagogiques et méthodologiques mais de la considérer comme un objet d'apprentissage en tant que tel. Les élèves acquièrent une démarche scientifique et des contenus d'enseignement afférents (notions, technique, méthode). On peut constater, sous d'autres termes, la continuité des orientations des programmes de lycée au début des années 2000 qui stipulaient que « *La science n'est pas faite de certitudes, elle est faite de questionnements et de réponses qui évoluent et se modifient avec le temps. Tout ceci montre qu'il faut privilégier avant tout l'enseignement de la démarche scientifique incluant l'apprentissage de l'observation et de l'expérience* ». L'école manifeste ainsi sa volonté d'enseigner aux élèves les sciences en train de se faire et pas seulement les résultats et connaissances antérieures, parfois dépassés par l'avancée des travaux scientifiques récents et actuels.

Synthèse : des démarches prescrites par les programmes et qui soulèvent des questions

Les démarches d'investigation sont donc **inscrites fortement dans les programmes**. Dans le primaire comme au secondaire, « *la logique pédagogique que sous-tendent ces nouvelles approches est que le développement des sciences se fait par un va-et-vient entre l'observation et l'expérience d'un côté, la conceptualisation et la modélisation de l'autre, et que l'exposé axiomatique de la science déjà faite ne correspond pas au mouvement de la science en train de se faire* » comme le stipulent les programmes pour les sciences à l'entrée du secondaire supérieur (classe de 2d). Il reste cependant quelques questions centrales qui, en l'absence de recherches systématiques, obèrent leur diffusion :

- L'idée largement partagée est que la liste des notions à faire acquérir aux élèves est trop chargée au regard du temps rendu disponible pour conduire de réelles démarches scientifiques. Il existe là un **conflit de temporalité**, réel ou ressenti comme tel par certains acteurs, que des enseignants isolés ne peuvent pas surmonter.

- À travers les démarches d'investigation les élèves acquièrent surtout des capacités et des attitudes. Ces éléments constitutifs des compétences sont moins facilement évaluables que les connaissances, notamment sous forme de notes ; or les notes régissent la progression et l'orientation des élèves dans le cursus. Il existe donc un **conflit de cohérence** entre les acquisitions provoquées par les démarches prônées officiellement et les modes d'évaluation formelle privilégiés par l'institution.

- Les preuves scientifiques des bénéfices des démarches d'investigation pour tous les élèves sont encore lacunaires. La mobilisation intellectuelle nécessaire pour en tirer profit n'est pas systématiquement à la portée de tous les apprenants. Il y a donc vraisemblablement un **conflit de loyauté** pour certains enseignants : n'étant pas certains des bénéfices équitables de démarches qui par ailleurs appellent une transformation de leurs pratiques d'enseignement, certains enseignants privilégient les routines et les modalités anciennes.

Il faudrait donc bâtir des programmes de recherche qui permettent de **mesurer les bénéfices** et les **déterminer les conditions d'efficacité** des méthodes d'enseignement fondées sur les démarches d'investigation.

L'offre de formation existante

L'introduction de démarches d'investigation dans les enseignements bouscule les pratiques expositives, transmissives et normatives en de nombreux niveaux. Sur chacun d'eux, les enseignantes et les enseignants ont besoin de formation. Cette troisième partie aborde ce thème à partir de trois questions :

1- Quelle **part** des politiques éducatives et de formation est occupée par le développement des démarches d'investigation ?

2- Comment l'**organisation** de la formation permet-elle aux enseignants d'enrichir leur répertoire d'actions en ce qui concerne la mise en œuvre des démarches d'investigation ?

3- Quelles **ressources** sont développées afin de servir d'appui au travail enseignant, notamment au niveau des équipes pédagogiques ou disciplinaires de l'établissement ?

Le point de vue des acteurs: Les acteurs institutionnels

I. Actuellement, en France, il existe peu de formations dédiées spécifiquement aux démarches d'investigation. Cependant, précise D. Rojat, la totalité ou presque des actions de formation se situent dans la perspective de l'utilisation de ces démarches. Ainsi, toute formation à l'usage d'un nouvel outil, par exemple, informatique, a toujours pour objectif de placer cet outil dans le cadre des démarches d'investigation. Selon lui, en sciences de la vie et de la Terre, **toutes les formations ou presque concernent ces démarches** et, de la même façon, tous les outils développés sont pensés en relation avec elles.

Il reste que les contraintes budgétaires fortes qui pèsent sur les rectorats font que **l'actualité des réformes nationales pilote largement les actions de formation**, tient à préciser P. Ferrand. De ce fait, aujourd'hui, la plupart des actions se concentrent sur la mise en place du socle commun de connaissances et de compétences. Les démarches d'investigation sont sous-jacentes dans ces formations mais l'accent mis sur la formation aux démarches d'investigation a eu lieu il y a quelques années.

Depuis la loi d'orientation et de programme sur l'avenir de l'école de 2005, mentionne P. Ferrand, l'évolution des méthodes d'enseignement passe par les contrats d'objectifs établis pour trois ans et liés au projet d'établissement. Ces contrats d'objectifs sont élaborés entre professionnels (administration de l'établissement, professeurs, agents, etc.) qui **réfléchissent ensemble pour trouver les meilleures stratégies pour**

résoudre les problèmes auxquels ils font face localement. De ces contrats découlent des moyens qui sont garantis sur trois ans : les actions peuvent varier d'une année à l'autre, selon les stratégies nécessaires pour atteindre les objectifs visés. On quitte donc une logique d'actions validées ou non par les seules autorités académiques afin de passer à une logique d'objectifs laissant une certaine autonomie à l'établissement. Ce cadre permet des expérimentations pédagogiques, après validation rectorale, qui autorisent les équipes enseignantes à être au plus près des besoins du public qu'elles accueillent tout en gardant les objectifs nationaux en terme de certification. Ces expérimentations peuvent concerner les méthodes d'enseignement des sciences.

C'est le cas dans l'Académie de Lyon, comme le présente J. Toussaint. Depuis trois ans, les établissements ont la possibilité de mettre à disposition des enseignants et des classes quelques heures hebdomadaires utilisables pour quelques actions expérimentales. Dans ce cadre, une expérimentation conduite par 35 lycées vise à modifier les pratiques scientifiques en seconde (P2S). L'idée est d'aborder avec les élèves des **thèmes scientifiques transversaux qui exigent la mise en commun des compétences des enseignants** de physique-chimie, de biologie et géologie, voire de mathématiques. Les enseignants sont conduits à mettre en commun leurs activités et leurs ressources. Parmi les thèmes qui sont travaillés conjointement par les enseignants de science, on trouve : l'eau dans l'environnement, l'air, ses qualités et ses polluants, l'alimentation, etc. Un sondage, effectué auprès des enseignants engagés dans cette pratique scientifique en seconde (P2S), montre que, pour 4 enseignants sur 5, cette manière de faire les satisfait car elle leur permet de travailler effectivement la démarche d'investigation ; c'est d'ailleurs l'avantage principal qui ressort de cette enquête.

De cette enquête découlent deux ensembles de questions concernant la formation des enseignants :

Le premier ensemble de questions porte sur la **formation aux méthodes d'enseignement**, à la création de situations de classe et à l'ingénierie qui les supporte.

Il concerne :

- la nature des pratiques scientifiques communes et notamment la place des démarches d'investigation comme forme privilégiée de l'enseignement.
- le type d'instrumentation nécessaire pour ce genre de séquence et notamment la place des mathématiques et de l'informatique.

Le second ensemble de questions porte sur la **formation aux contenus scientifiques**.

Il concerne :

- la question de la satisfaction de la demande des élèves et notamment de la valeur scientifique des questions issues de la vie quotidienne.
- le statut de l'expérience dans ces situations d'enseignement commun et notamment la question de la position heuristique de l'expérience dans les différentes disciplines.
- la question de la place de la modélisation dans ces pratiques, notamment en ce qui concerne les sciences physiques et chimiques qui sont fondées sur la modélisation, sur la construction et l'utilisation de modèles explicatifs.

Les recherches en didactique ont montré depuis longtemps que suivant la façon dont telle ou telle notion est abordée, l'enseignant réussit plus ou moins bien à provoquer l'apprentissage visé chez les élèves. J. Toussaint émet l'hypothèse que ces dispositifs de « pratiques scientifiques communes » (le P2S) peuvent permettre d'interroger différentes approches et différents modes paradigmatiques.

Le point de vue des acteurs: Les acteurs universitaires

Pour P. Mendelsohn, le développement des démarches d'investigation résulte essentiellement d'**une démarche volontariste** soutenue par des enseignants motivés et regroupés autour du mouvement initiateur. Bien que de nombreux cadres, en particulier des membres des corps d'inspection, se soient associés au développement de cette politique, il reste encore aux établissements à s'organiser pour que cette démarche soit généralisée. Il met également l'accent sur le **besoin des établissements en équipement scientifique** pour pouvoir soutenir un tel enseignement, un aspect qui suppose des investissements dont la dimension « politique » est évidente.

L'institut de formation des enseignants (IUFM) de Grenoble a depuis longtemps privilégié la démarche d'investigation et plus généralement l'approche expérimentale « Hands On » dans la formation des jeunes professeurs : l'idée est qu'il faut absolument avoir soi-même expérimenté afin de se lancer dans de telles pratiques avec les élèves. La première chose à effectuer en matière de formation est donc de **donner aux enseignants débutants l'opportunité de conduire eux-mêmes des expérimentations**. C'est dans cette ligne que l'IUFM a toujours privilégié la création de salles expérimentales et a conservé des postes de laborantins afin d'offrir aux stagiaires un environnement de qualité pour se familiariser avec la démarche d'investigation.

Dans de l'Académie de Versailles, comme le rapporte J. Lebeaume, la démarche d'investigation est présente dans tous les descriptifs de formation. La formation est organisée en modules non séquentiels, séparés dans le temps, qui permettent souvent une meilleure appropriation des éléments de la formation. **Les enseignants échangent, testent les contenus de formation, les valident (ou non), et comparent les mises en œuvre.** L'IUFM met principalement à disposition du matériel, des interventions de formateurs, des ressources documentaires. L'académie, quant à elle, propose des séquences d'enseignement sur ses sites web et entretient un maillage de points ressources en sciences ainsi que des interventions de conseillers pédagogiques pour les enseignants du premier degré.

Les formations à destination des enseignants en poste

L'essentiel des formations est proposé par les autorités locales (les académies). Quelques autres sont issues d'instituts de recherche. Les associations professionnelles ne semblent pas proposer de formation.

Formation proposées par les académies

Pour comprendre l'offre de formation à propos de la démarche d'investigation, une enquête est conduite dans les académies de Grenoble, Lyon et Rennes, celles des laboratoires impliqués dans S-TEAM.

Académie de Grenoble

À propos des démarches d'investigation, 12 actions de formations sont proposées au cours de l'année scolaire 2009-2010 : 2 en mathématiques, 3 en sciences physiques et chimiques, 3 en technologie, 1 en Sciences de la vie et de la Terre et 3 pour les enseignants bivalents en mathématiques et sciences des lycées professionnels. Elles visent potentiellement la formation de 755 enseignants au cours de modules de formation d'une durée de 6 heures en moyenne.

Les intitulés affichent explicitement la démarche d'investigation pour 3 formations en sciences physiques et technologie. Les autres intitulés abordent l'activité scientifique en jeu (modélisation et preuve, classification), l'appropriation de contenus d'enseignement et de démarches pédagogiques issus des nouveaux programmes et les nouvelles modalités d'évaluation.

Les descriptifs de contenus et objectifs des formations permettent le plus souvent de repérer que la démarche d'investigation est au centre des préoccupations. Soit la démarche d'investigation est citée en tant que telle. Soit les démarches pédagogiques expérimentales, inductives, ou les situations problèmes abordées laissent supposer que des modalités proches ou considérées comme modalités de démarche d'investigation constituent les objets de formation.

L'analyse des visées des stages met en exergue la volonté de faire percevoir aux enseignants la nécessité de repenser leur rôle et celui des élèves dans ce type de démarche pédagogique. Il s'agit également de repenser les environnements de travail (usage des TICE, nouveaux logiciels, conception des laboratoires). Ces actions visent enfin à faire en sorte que les enseignants mobilisent de nouveaux modes d'évaluation, en particulier pour évaluer les capacités expérimentales des élèves.

L'observation, l'expérimentation et le raisonnement, l'acquisition et la mobilisation de connaissances sont au centre des démarches pédagogiques étudiées. Les enjeux de savoirs sont présents car il s'agit de **réfléchir sur des démarches d'acquisitions de connaissances et de savoirs en sciences** et non pas sur des démarches décontextualisées. On peut noter que plusieurs actions mobilisent des savoirs issus de différents domaines scientifiques ou industriels, sans cependant que les enseignants issus de disciplines distinctes soient associés à ces actions de formation transdisciplinaires.

Académie de Lyon

On propose 23 actions de formation dont 2 interdisciplinaires à destination de 1 300 enseignants de mathématiques, sciences physiques, technologie et sciences de la vie et de la Terre. La durée moyenne des actions est de 10 heures.

Les démarches ou situations d'investigation sont explicitement abordées par 12 actions ; 6 actions traitent des démarches expérimentales, des situations problème ; 5 autres d'expérimentation assistée par ordinateur (EXAO) ou d'apport de connaissances sur des contenus scientifiques.

L'investigation comme démarche ou situation constitue un enjeu de formation à propos de contenus disciplinaires, des nouveaux programmes et du socle commun des compétences ou d'usage de logiciels mathématiques. On peut noter que les actions de formation mettent en exergue des apprentissages organisés à partir de thématiques ou de problèmes qui rendent nécessaire l'acquisition et la mobilisation de connaissances. Il s'agit de faire découvrir de nouvelles activités pratiques à mettre en œuvre par les enseignants et d'**identifier l'activité des élèves confrontés aux démarches d'investigation**. Leur activité est particulièrement étudiée soit au regard des représentations, des apprentissages ou plus généralement des comportements à prendre en compte et à gérer pendant les activités d'investigation, de questionnement et de recherche. Les nouvelles stratégies d'enseignement à développer et les nouvelles modalités d'évaluation sont au cœur des préoccupations des actions de formation. Les enseignants sont invités à identifier les étapes de la démarche d'investigation et à identifier les liens avec celle de résolution de problème et de projet technique.

Académie de Rennes

On propose 13 actions de formation d'une durée moyenne de 10h qui s'adressent à 246 enseignants. Des contenus et objectifs relatifs à la démarche d'investigation sont présents explicitement dans 9 d'entre elles. Une action s'intéresse à l'interdisciplinarité et la continuité entre le premier et le second degré. Les liens entre démarche d'investigation et démarche de projet ou résolution de problème font partie des contenus abordés.

Les nouveaux programmes scolaires sont à l'origine des actions, en particulier en raison des nouveaux problèmes d'enseignement que pose la démarche d'investigation. L'analyse de l'activité en jeu chez les élèves (motivation, engagement, autonomie, conceptions initiales, compréhension du réel) est un des éléments essentiels que les contenus de formation cherchent à éclairer. **L'élaboration de séquences en commun, l'analyse de pratiques, la mutualisation d'expériences** sont proposées afin de permettre aux enseignants de se doter de nouvelles compétences.

Formations proposées par des instituts de recherche

Les travaux et actions des IREM et de l'INRP portent quant à eux sur la modélisation, sur l'élaboration de protocoles expérimentaux, sur les démarches de situation problèmes et l'épreuve expérimentale au baccalauréat et sur l'enseignement intégré des sciences et de la technologie. La différence essentielle avec les actions de formation continue proposées par les académies est la durée des actions qui va de 12 à 18h. Les modalités¹ intègrent à la fois **des études d'expériences et des apports de connaissances** sur les démarches mises en œuvre.

Synthèse : les démarches d'investigation intégrées à d'autres questions de formation

Actuellement, les démarches ou situations d'investigation constituent la cible des formations à travers la mise en œuvre des **nouveaux programmes** et des **nouvelles modalités d'évaluation** qu'exigent les démarches expérimentales qu'ils préconisent. Outre la compréhension de la démarche elle-même et l'acquisition de procédures pédagogiques, il s'agit principalement de permettre aux enseignants de **comprendre l'activité mobilisée par les élèves** dans ce type de démarche afin qu'ils puissent mieux guider leurs apprentissages. La plupart des descriptifs de formation mettent en évidence le lien entre la nature des savoirs scientifiques, la nécessaire acquisition de connaissances chez les élèves et la démarche d'investigation. **Mutualisation** et **analyse d'expérience** constituent les principales modalités de stage. Seules quelques actions s'adressent simultanément à plusieurs enseignants de disciplines différentes, alors qu'il semble par ailleurs que les enjeux interdisciplinaires et les besoins nouveaux d'appréhension de la complexité du monde matériel ou humain nécessitent **la mise en œuvre de démarches d'investigation faisant se rejoindre plusieurs approches disciplinaires**.

On peut enfin constater que selon les actions, soit la démarche d'investigation est dissociée de celle de résolution de problème, soit elle est envisagée en lien avec celle-ci. Il semble que les

formations distinguent ce qui relève de **démarches issues des pratiques scientifiques** de ce qui relève de **démarches pédagogiques favorisant la curiosité et la mise en appétit des élèves** pour apprendre. C'est peut-être ce qui permet de rénover les approches didactiques et pédagogiques de l'enseignement des sciences et de faire accéder les élèves à des pratiques authentiques mises à leur portée, par la mise en œuvre des démarches d'investigation.

Politiques éducatives et de formation en ce qui concerne les démarches d'investigation

Parallèlement aux formations dans un cadre formel, la transformation des conceptions et des pratiques d'enseignement découlent souvent des interactions sociales générées par la participation à des projets en coopération, souvent initiés par les instances académiques, ou en partenariat, souvent soutenus par les collectivités territoriales. La question est alors de savoir :

- Quels **projets** sont en cours qui viseraient à promouvoir la motivation et l'intérêt des élèves pour les matières scientifiques ?
- Quel y est le **rôle** de chaque institution (ministère de l'éducation nationale, formation enseignante, université, recherche, collectivités territoriales) ?

Le point de vue des acteurs: Les acteurs institutionnels

Pour les acteurs institutionnels de l'enquête, l'expérimentation d'un enseignement intégré de sciences et technologie (EIST) au collège (secondaire inférieur ;11-14 ans) crée une opportunité pour développer l'implantation des démarches d'investigation. Pour D. Rojat l'expérimentation EIST représente un chemin pour intégrer les démarches d'investigation dans l'enseignement. Cette intégration des enseignements des différentes disciplines scientifiques s'inscrit dans **les objectifs du socle commun des connaissances et des compétences** devant être maîtrisé par tous les élèves en fin de scolarité obligatoire. Lors des journées d'étude S-TEAM de Grenoble, Alice Pedregosa, qui a suivi le dossier EIST pour l'Académie des Sciences, précise que le contenu du socle commun indique en particulier que grâce à l'étude des sciences expérimentales et de la technologie, l'élève doit être capable de :

- pratiquer une démarche scientifique, c'est-à-dire savoir observer, questionner, formuler une hypothèse et la valider, argumenter, modéliser de façon élémentaire.
- manipuler et expérimenter en éprouvant la résistance du réel.

L'EIST consiste à proposer aux élèves **un enseignement unique de science et technologie** durant les deux premières années du secondaire inférieur. Pour mettre en place un tel enseignement, une équipe de trois enseignants est constituée : un enseignant de SVT, un enseignant de technologie et un enseignant de physique-chimie collaborent étroitement pour élaborer les séquences et l'évaluation des élèves. Pour cela, ils disposent d'une heure de concertation commune dans leur emploi du temps. Trois groupes d'élèves sont constitués à partir

de deux classes. Chaque enseignant prend en charge un seul groupe des mêmes élèves, toute l'année pour enseigner l'intégralité de la discipline « science et technologie ».

Cette intégration vise à **lutter contre la parcellisation des disciplines** qui rend difficile la perception du sens des connaissances enseignées. Cependant, selon A. Pedregosa, l'intégration comporte aussi des risques d'appauvrissement car elle peut nuire à l'identification et à la construction des différents champs de la science par les élèves, voire omettre intégralement certains domaines. Poussée à l'extrême elle conduirait à l'émergence d'une nouvelle discipline unique. À la fois polémique et complexe, ce sujet rencontre toujours de nombreuses résistances. L'intégration se positionne comme un compromis entre les pôles extrêmes que sont la parcellisation et la fusion.

Quelques bilans partiels de l'expérimentation de l'EIST ont été réalisés. Ils montrent, rapporte A. Pedregosa, que l'apport fondamental de cette expérimentation réside, du côté des enseignants, dans **la collaboration, le travail en équipe, les rencontres ou partenariats** qui découlent de cette nouvelle approche de l'enseignement. Au niveau local, ces interactions s'inscrivent dans le noyau formé par les trois enseignants volontaires, appuyé par leur chef d'établissement ; ces derniers assurent la cohésion et la dynamique du projet. Au niveau régional, les inspecteurs pédagogiques (IA-IPR des disciplines concernées) et les services académiques de suivi des innovations se mobilisent afin d'appuyer et de guider les enseignants expérimentateurs. Enfin, le site internet de l'expérimentation joue un rôle essentiel comme vecteur d'information et de partage entre équipes ou avec les acteurs nationaux. Ces premiers bilans témoignent d'une évolution des pratiques enseignantes bénéfique pour les élèves en terme d'acquisition de compétences liées à la mise en œuvre de démarches d'investigation. Ces résultats demandent encore à être validés afin d'identifier un modèle à retenir au delà de la phase d'expérimentation de l'EIST.

L'originalité de l'expérimentation EIST réside, selon A. Pedregosa, dans la collaboration entre trois enseignants qui sont chacun spécialiste d'un champ disciplinaire afin de construire un enseignement intégré. Cette collaboration est au cœur de l'expérimentation. Elle doit cependant s'accompagner de **ressources destinées aux enseignants**, telles que des progressions détaillées proposées dans les guides d'accompagnement. Selon H. Combel, la difficulté tient aussi au fait de trouver simultanément trois enseignants volontaires et de maintenir la pérennité de cette équipe sur plusieurs années ; la question du financement des heures de concertation est souvent posée aussi.

Dans le cadre du lycée, J. Toussaint reprend le cas du P2S évoqué précédemment. Le pôle académique de soutien à l'innovation et à l'expérimentation (PASIE) suit de près cette expérimentation. Dans ce cadre, plusieurs élèves ont été interrogés pour savoir ce qu'ils pensaient de ces activités de deux à trois heures hebdomadaires au cours de l'année. Leurs réponses montrent qu'ils ont aimé les manipulations, le travail en groupe et les thèmes abordés mais c'est surtout la démarche de recherche qui les intéresse, tout comme l'**augmentation de leur autonomie** dans les séances de travail. C'est alors la motivation des apprenants qui semble améliorée par ces méthodes d'enseignement reposant sur les démarches d'investigation. Comment mieux connaître les facteurs qui influent sur cette motivation ?

Le projet international ROSE (*Relevance of Science Education*) vise à comparer les orientations des élèves de 15 ans à propos de sujets variés qui ont un rapport aux sciences. Ce projet consiste à prendre en compte le point de vue de l'élève afin de concevoir des thèmes et des modalités d'enseignement pertinents en fonction de la spécificité des publics scolaires. La motivation des élèves à s'engager a priori dans l'acquisition de connaissances qui vont mettre en jeu des savoirs scientifiques joue alors un rôle central. Dans cette perspective, Faouzia Kalali (chercheuse au STEF- INRP) s'est intéressée à la population scolaire de Paris et sa banlieue ; elle a mis en évidence que les intérêts des garçons sont diversifiés, y compris en biologie. Avec un échantillon représentatif au niveau national, Florence le Hebel et Pascale Montpied, dans le cadre du laboratoire ICAR CNRS (ENS Lyon), ont considéré les profils idéaltypes de déclarations d'intentions d'apprendre des sujets en rapport aux sciences. D'une part, les résultats permettent de conclure, en accord avec de nombreux travaux antérieurs, que **les filles et les garçons maintiennent des mobiles différents dans leur motivation à apprendre les sciences**. Prendre conscience de cette dualité de points de vue devrait permettre d'ajuster les enseignements des sciences physiques et des sciences du vivant afin qu'ils respectent et tirent profit de cette diversité première. D'autre part, ces résultats permettent de vérifier que **certains vécus extra-scolaires favorisent l'apparition de ces orientations spécifiques pour des questions scientifiques**. Les résultats de l'enquête suggèrent que des centres d'intérêts qui nécessitent d'intégrer des connaissances de plusieurs disciplines scientifiques motivent les élèves. Cette diversité de la motivation à l'égard des sujets proposés semble reposer sur une diversité des vécus extra-scolaires qui permettent de fonder des mémoires et des représentations utiles à l'engagement à l'égard de propositions d'apprentissage de questions

scientifiques. Ce fait suggère que le discours enseignant et les programmes d'enseignement doivent prendre en compte cette diversité de vécus et de mises en rapport avec des phénomènes et éléments de sciences fondateurs d'expériences vécues et de représentations nécessaires à la genèse de la motivation de tous les élèves. Six thèmes positivement appréciés ont été identifiés et pourraient constituer une base de réflexion sur les contenus enseignés :

- les organismes vivants, depuis les écosystèmes jusqu'au clonage ;
- les êtres humains, leur vie et leur mort, d'un point de vue philosophique, biologique, médical et artistique ;
- ce que sont les sciences, quelle est leur histoire et quelles sont leurs implications actuelles ;
- l'espace et les découvertes en astronomie ;
- les sciences et technologies depuis la perspective des technologies de pointe jusqu'à l'approche écologique ;
- la Terre, l'Univers et la manière dont les activités humaines interfèrent avec leur dynamique.

Le point de vue des acteurs: Les acteurs des collectivités locales

Les collectivités territoriales sont des acteurs importants des politiques scolaires, chaque niveau local (ville, département, région) ayant la compétence d'un degré scolaire (école, collège, lycée). Dans ce cadre, le cas de la ville de Grenoble est tout à fait intéressant. Lors des journées d'étude S-TEAM de 2009, il est présenté par Xavier Normand chargé de mission pour l'étude de faisabilité de la création d'un « **lycée scientifique pilote** » dans les quartiers d'éducation prioritaire.

La genèse de ce projet vient de la rencontre entre Georges Charpak, prix Nobel de physique et initiateur de *La main à la pâte*, et Michel Destot, député maire de Grenoble, lors de la conférence « Apprentissage des sciences dans l'Europe de la connaissance » en novembre 2008. L'objectif de ce projet est de s'inspirer du modèle initié par Leon Lederman à Chicago à travers la création d'un lycée d'État, accueillant 600 élèves de

tous milieux avec une parité garçons-filles, dans **un enseignement radicalement basé sur les démarches d'investigation et la résolution de problèmes**. Pour la ville de Grenoble, l'idée est de poursuivre les démarches d'innovation éducatives qu'elle a déjà soutenues (par ex. la Cité Scolaire internationale) en renforçant le domaine scientifique par une imbrication entre l'université, les organismes de recherche et les entreprises. L'objectif consiste à encourager les vocations scientifiques chez les jeunes générations – en particulier au sein de milieux socio-culturels défavorisés qui sont sous-représentés dans les départements scientifiques des universités – et de clairement identifier la science comme un facteur de promotion sociale.

Le projet lui-même comporte quatre volets, chacun étant, soit la transposition d'un dispositif existant, soit la conception d'un dispositif innovant lui-même transposable :

- La création d'un **centre pilote La main à la pâte** qui permettra de généraliser l'enseignement des sciences à l'école primaire sur l'ensemble du territoire de la ville et de son agglomération.
- Le soutien à la mise en place d'un **enseignement intégré de science et technologie** (EIST), fondé sur l'investigation, dans un collège du quartier concerné et d'un **atelier sciences**, comme moyen d'éveiller la curiosité et la motivation des élèves et de les préparer à l'entrée en « section Charpak » au lycée.
- La création de « sections Charpak » au lycée offrant un **parcours scientifique spécifique** à des élèves motivés par les sciences et les technologies, issus de tous les milieux sociaux, à parité garçons-filles. Les élèves seront recrutés sur la base de leur motivation et l'acceptation d'un contrat éducatif précis. Le cursus sur 3 ans préparera tous les élèves à un baccalauréat scientifique et plus encore aux études supérieures. Des actions spécifiques viseront à donner une meilleure visibilité de l'exercice des métiers scientifiques dans les laboratoires et entreprises innovantes, tout en donnant aux élèves envie et confiance en eux.
- La construction d'un **internat d'excellence** qui devra permettre, notamment, d'assurer pour le lycée scientifique au moins un tiers d'élèves venant de la Région Rhône-Alpes.

Ce projet est en cours de mise en œuvre mais il montre comment, **à travers la diffusion des démarches d'investigation dans l'enseignement des sciences**, il est possible de soutenir les synergies entre les différents acteurs de la vie sociale, scientifique, économique, culturelle et politique.

Cette idée est reprise par Geneviève Fioraso qui intervient dans les journées d'étude S-TEAM en tant que députée à l'Assemblée Nationale. Elle identifie plusieurs éléments qui freinent l'avènement d'une « société de la connaissance solidaire » :

- Dans tous les pays développés existe une **crise des vocations scientifiques** au sortir du lycée, en particulier chez les filles. Pourtant, en France, elles sont plus nombreuses que les garçons à obtenir un baccalauréat scientifique avec mention.

- Le **déficit d'une culture scientifique de base** se fait ressentir au plus haut niveau de la représentation politique. Souvent les débats – par exemple sur les OGM – sont binaires et mélangent les données scientifiques, les facteurs économiques, les postures politiciennes, etc.

- Ce climat binaire et les décisions qui en découlent amplifient une **perte de confiance dans la science** comme source de progrès social, sanitaire et sociétal. Cette défiance contribue certainement au manque d'attractivité des filières scientifiques pour les jeunes et souligne le rôle des médias qui privilégient souvent l'approche sensationnelle à l'approche plus pédagogique ; relayant ainsi et amplifiant cette défiance. Ceci engendre alors des malentendus entre scientifiques et journalistes, au détriment de l'attractivité des sciences.

- Le système éducatif français possède sa part de responsabilité : **les disciplines scientifiques sont utilisées comme vecteurs de sélection des lycéens et étudiants**, et non pas pour leur intérêt propre ou les découvertes qu'elles permettent. De plus, le **cloisonnement des disciplines est dissuasif**, notamment dans l'enseignement supérieur avec des étudiants qui sont nombreux à avoir des centres d'intérêt multiples. Or, cette ouverture d'esprit s'avère pourtant bien utile dans la recherche scientifique.

Suite à ces constats, G. Fioraso suggère quelques préconisations :

- **Conduire des actions spécifiques auprès des filles**, à travers une meilleure connaissance des professions scientifiques et technologiques ou l'intervention de femmes scientifiques dans les classes. Il faut aussi une amélioration de la parité dans les organismes de recherche.

- **Favoriser le travail collectif enseignant** et les échanges de bonnes pratiques, afin d'enrichir les pratiques pédagogiques et de créer une dynamique d'innovation dans laquelle les élèves puissent s'inscrire. Dans ce cadre, les échanges internationaux, notamment les coopérations européennes, sont particulièrement

adéquats car ils permettent, à la fois, la pratique des langues étrangères par les élèves et le partage des connaissances scientifiques, didactiques et pédagogiques entre enseignants.

- **Favoriser le décloisonnement entre les disciplines**, en encourageant la pluridisciplinarité. Pour rendre les sciences plus attractives, il faut développer les ouvertures entre les arts et les sciences, les rapprochements entre sciences humaines et sociales et les sciences dures. Il faut faciliter la création de filières mixtes (commerce et technologie, art et sciences dures...).

- **Privilégier des méthodes d'enseignement interactives**, avec davantage de manipulations, de travaux pratiques, d'expérimentation. Il s'agit de miser sur la curiosité et l'investigation.

- **Développer les partenariats et les mises en réseaux** : les compétences des Centres Culturels Scientifiques, Techniques et Industriels (CCSTI) et les interventions d'associations spécialisées doivent être utilisées et encouragées dans les établissements scolaires ou avec les apprenants, dès le plus jeune âge.

D'une façon plus générale, G. Fioraso préconise de **remettre les enjeux sociétaux, sociaux, économiques et culturels au cœur de la finalité scientifique**. Il convient de bien positionner la science au cœur du développement durable dans ses trois dimensions : développement économique, protection de l'environnement et solidarités, le tout au niveau de la planète. Deux initiatives locales s'inscrivent, selon elle, dans l'esprit de ces préconisations : d'une part, le projet d'un lycée scientifique ouvert aux jeunes issus des quartiers défavorisés qui a été présenté par X. Normand ; d'autre part, la mise en place par l'Université Joseph Fourier d'une action d'accompagnement dans l'enseignement supérieur scientifique d'élèves boursiers titulaires de baccalauréats professionnels ou technologiques avec mention, qui est présenté ci-dessous.

Le point de vue des acteurs: Les acteurs universitaires

L'université Joseph Fourier (UJF) regroupe les enseignements scientifiques à Grenoble. Depuis 2004, elle soutient la promotion des filières scientifiques dans l'enseignement supérieur et a été à l'origine ou a soutenu de nombreuses initiatives en ce sens. Jacques Gasqui, le Vice-Président Formation de cette université, insiste sur la nécessité de donner l'ambition aux élèves de s'engager dans les études scientifiques. Pour cela, à travers des actions de terrain, il faut créer des contacts entre des « mondes » qui ne se

connaissent pas assez et notamment entre les établissements du second degré et l'enseignement supérieur. Un réseau de **partenariats entre les lycées et les universités** de l'académie de Grenoble a été créé début 2005, à travers l'opération ASUR.

Les protocoles déclinés dans le cadre ASUR ont permis le **développement d'échanges destinés à soutenir l'intérêt des élèves des lycées pour les sciences** : conférences d'enseignants-chercheurs dans les classes, visites de classes dans des laboratoires ou sur des plateformes scientifiques expérimentales, témoignages d'étudiants « anciens élèves » dans leur lycée d'origine, etc... Les membres de l'université sont alors des ambassadeurs de leur discipline scientifique auprès des élèves. Ils contribuent à soutenir leur créativité avec la mise en œuvre de projets ou d'expériences pilotés avec eux. Ils permettent, de même, des échanges sur les pratiques pédagogiques entre les enseignants du second degré et du supérieur. D'autres opérations complètent ces échanges et ce parrainage de classes par des scientifiques : le tutorat d'élèves des quartiers de l'éducation prioritaire par des étudiants, la participation au concours national « Faites de la Science » ou l'accueil d'Expo-Sciences tous les deux ans sur le Campus. L'UJF soutient tous ces programmes avec des crédits spécifiques et par une reconnaissance des charges qu'ils impliquent pour les enseignants-chercheurs. D'un autre côté, l'UJF s'efforce de renforcer l'attractivité des filières scientifiques. Dès la première année de Licence, l'UJF instaure des dispositifs d'excellence tout en se voulant ouverte au plus grand nombre et soucieuse de l'égalité des chances. Concernant ces dispositifs, J. Gasqui mentionne les « **stages d'excellence** » en **laboratoire de recherche** pour les meilleurs étudiants de L1 et L2. Pour ce qui est des aspects d'ouverture au plus grand nombre dans une perspective de réussite, il indique les **mesures de soutien aux étudiants en difficulté**. Enfin, depuis la rentrée 2009, l'UJF a mis en place l'École Nationale de l'Enseignement Professionnel Supérieur (ENPS) qui est **une voie d'excellence réservée aux bacheliers professionnels du secteur production**, leur offrant des perspectives de formation au niveau master ou ingénieur dans les domaines de la gestion d'énergie, production d'énergie renouvelable et communication. Dans cette école, la pédagogie est renforcée : d'une part, elle est basée sur le tutorat et l'encadrement en petits groupes ; d'autre part, chaque étudiant de l'école bénéficie d'un parrainage individuel par un professionnel du bassin économique régional.

Dans une perspective semblable, P. Mendelsohn expose le cas de l'IUFM de Grenoble, qui, dans le cadre de la mastérisation de la formation, **offre une formation spécifique pour les étudiants des filières scientifiques qui se préparent à être enseignants.** Le fait que l'IUFM soit intégré dans une université scientifique reconnue sur le plan international apparaît comme un gage de qualité en matière d'encadrement : les nombreuses plateformes de formation et les laboratoires prestigieux de l'UJF devraient permettre aux étudiants de fréquenter plus facilement la recherche qui se « fait » en laboratoire. La formation de futurs professeurs des écoles qui puissent avoir une réelle implication dans l'enseignement des sciences à l'école est ainsi espérée.

Synthèse : de nombreuses actions de promotion des enseignements scientifiques

Les résultats de cette enquête, pourtant loin d'être exhaustive, montrent que les actions de promotion des enseignements scientifiques sont nombreuses. Elles s'organisent selon trois axes : la formation, les structures et les réseaux.

Concernant la formation, la tradition française est de mettre l'accent sur l'actualité des réformes. Ce qui n'est peut-être pas un excellent vecteur d'efficacité. D'une part, cela doit donner aux acteurs une impression de changement perpétuel qui ne pousse ni à approfondir les pratiques d'enseignement ni à décider de les changer, puisque de toutes manières l'actualité future mettra l'accent sur d'autres points. D'autre part, le manque de continuité doit fragiliser la cohésion entre jeunes et anciens enseignants d'un même établissement puisque, à quelques années prêt, ils ne peuvent bénéficier des mêmes formations. Fort heureusement, au delà du changement des intitulés de formation, des contenus perdurent, notamment en ce qui concerne les démarches d'investigation. Dans le domaine des sciences expérimentales au-moins, **la diffusion des démarches d'investigation est embarquée à l'intérieur des formations sur les sujets d'actualité.** L'enseignement intégré des sciences, la mise ne place du socle commun de connaissances et de compétences ou la maîtrise des outils numériques semblent constituer autant d'occasions pour mettre en œuvre des démarches fondées sur des expérimentations et laissant un marge d'autonomie aux apprenants. Les programmes français, en sciences surtout, sont fondés sur ces méthodes d'enseignement.

La diffusion de ces méthodes passe également par l'instauration de **structures qui se réfèrent aux démarches d'investigation.** Dans le secondaire, nous avons vu le projet d'un lycée scientifique destiné à motiver les jeunes des quartiers défavorisés pour les carrières scientifiques. Dans le supérieur, la création d'une école pour les élèves des voies professionnelles et technologiques permet de soutenir les projets des étudiants qui ne sont pas issus des filières

classiques. La formation initiale s'efforce également de permettre aux futurs enseignants de science de maîtriser les connaissances et les compétences qui leur seront nécessaires pour « faire » de la science avec leurs élèves, pour les rendre actifs dans la découverte du monde scientifique.

Enfin, et surtout, la diffusion des démarches d'investigation passe par **l'instauration ou le renforcement de réseaux d'échanges entre enseignants ou structures d'enseignement**. À un premier niveau, ces réseaux sont propres au personnel enseignant. Il s'agit, d'une part, des bases de données entretenues par les académies, les associations professionnelles ou les instituts de recherche comme l'INRP. Il s'agit, d'autre part, d'échanges directs, sous forme de parrainage de classe par des scientifiques ou de tutorat d'élèves par des étudiants. À un deuxième niveau, ces réseaux sont inscrits dans des partenariats, souvent entretenus avec l'aide des collectivités territoriales. Il s'agit de l'intervention d'associations dans et avec les établissements scolaires, d'échanges européens entre classes, etc. Ces partenariats constituent des occasions de vivre des expériences liées à la science ; or, ces moments semblent jouer un rôle important dans la motivation à apprendre les sciences.

Conclusion : une dynamique en devenir

Ce bilan de l'état de diffusion des démarches d'investigation en France montre qu'il s'agit encore d'une dynamique en devenir. Cette dynamique est ancrée dans la longue tradition des pédagogies de projet qui cherchent à étayer les apprenants dans la construction du sens des savoirs scolaires. Cependant, elle est **orientée par les enjeux de la vie scientifique, sociale et culturelle d'aujourd'hui** : la complexité des problématiques qui nécessitent des approches dépassant les cloisonnements disciplinaires ; la rapidité des changements sociétaux et économiques qui privilégient l'élaboration de compétences adaptables et minimisent la transmission de savoirs menacés d'obsolescence ; la nécessité d'un minimum de cohésion culturelle afin que les citoyens puissent comprendre, débattre, voire voter, sur des problèmes scientifiques et sociotechniques. Les démarches d'investigation, parce qu'elles jouent donc un rôle central, doivent être améliorées.

Les éléments sur lesquels des améliorations restent à trouver concernent essentiellement quatre niveaux. Il s'agit de :

- La part d'**autonomie laissée aux apprenants**, aux élèves, dans la construction, la mise en œuvre et l'aboutissement d'une démarche de recherche.
- La conclusion de la séquence fondée sur les démarches d'investigation et, notamment, le fait de **rendre explicite à tous les apprenants ce qui a été appris et ce qui doit être mémorisé**.
- La **variation des types de séances dans une séquence** car il ne semble pas toujours nécessaire ni bienvenu de limiter les démarches d'investigation à des modalités d'apprentissage non-guidées.
- La nature des modalités d'évaluation, et notamment **l'opportunité laissée aux apprenants d'auto-réguler leurs apprentissages**, de valoriser leur progression dans les acquisitions scolaires.

Concernant ces quatre questions, il semble que la formation des enseignants soit à intensifier.

Des facteurs de réussite à intégrer dans la démarche classique

Il reste que les démarches d'investigation ne conviennent pas à tous les élèves. Plusieurs recherches ont montré que **certains élèves sont défavorisés par les démarches constructivistes** qui sont fondées sur l'élaboration du problème par les élèves, sur des tentatives de résolution parfois incertaines, sur des interactions sociales et sur le transfert de connaissances d'un mode expérimental vers un registre plus applicatif. Alors, doit-on abandonner

tout de suite les méthodes proposées par le rapport Rocard ? Le projet S-TEAM cherche à montrer que non.

Non, parce que nos collègues germaniques ont validé que le développement de ces démarches mettant l'accent sur l'activité des élèves pour résoudre d'authentiques problèmes scientifiques provoque la hausse de leurs résultats à des évaluations standardisées (cf. annexe 2). Mais il y a une condition à ce développement qui est que les enseignants puissent régulièrement confronter leurs conceptions et leurs pratiques entre eux et avec des formateurs afin de ne pas se retrouver isolés face au renouvellement de leurs méthodes. Cette organisation et ce **renforcement du travail collectif enseignant** représentent vraisemblablement un facteur de réussite de la démarche sur le plan de l'amélioration de la réussite scolaire.

Non aussi, parce que les approches constructivistes peuvent être complétées par une **attention portée à l'explicitation aux élèves de ce qu'ils ont à apprendre** et des stratégies d'apprentissage qui sont propices à la réussite. Ici encore, les travaux sont nombreux pour montrer que l'appui aux processus métacognitifs des élèves, voire l'enseignement direct de stratégies métacognitives, leur permet de réguler par eux-mêmes leurs apprentissages. En complément de l'appui du cours sur des problèmes authentiques, cette distanciation vis-à-vis du travail scolaire augmente la motivation des apprenants et favorise une plus grande équité dans la réussite.

Il y a là deux facteurs essentiels qui font que, face à l'injonction de développer les démarches d'investigation, nous ne sommes pas dans la répétition de préconisations anciennes et peu productives mais que nous faisons face à un nouveau champ d'expérimentations pratiques et de recherches qui vaut la peine d'être exploré plus en détail. L'enquête menée à l'occasion de ce rapport conduit ainsi à **poursuivre la dynamique** de diffusion des démarches d'investigation à condition de peaufiner ce concept et de renforcer les formations afférentes.

Et si tout ne dépendait pas des acteurs de l'éducation...

Néanmoins, il semble illusoire de penser que des méthodes d'enseignement à elles seules puissent modifier l'orientation des élèves vers les carrières scientifiques. Le point de vue défendu par P. Bressoux lors des journées d'étude S-TEAM 2009 vise à attirer l'attention sur les déceptions qu'impliquerait une telle simplification de la chaîne des causalités.

Pour le directeur du L.S.E., aucun projet visant à promouvoir la motivation et l'intérêt des élèves pour les matières scientifiques ne peut raisonnablement tenir sans faire référence à un modèle explicatif de la désaffection pour les études scientifiques. Ainsi, le « modèle d'éligibilité » de Louis Lévy-Garboua ne peut pas être écarté de la réflexion sur la diffusion des démarches d'investigation. Selon ce modèle, à partir du moment où il y a

massification de l'accès à l'université, en moyenne, les perspectives de rendement, de placement, que va autoriser tel diplôme vont décroître. Les étudiants se trouvent alors face à deux grands types d'option : soit chercher malgré tout à maximiser leurs revenus futurs et donc sacrifier leur bien-être présent ; soit, s'ils sentent que finalement ils ont peu de chances d'avoir une bonne insertion sociale, favoriser leur bien-être présent. Ainsi, les individus se retrouvent face à deux marchés : celui de la qualité de vie présente et celui des élites futures. Le type d'investissement requis par les études scientifiques correspond au marché des élites car les études scientifiques demandent probablement plus de travail que d'autres disciplines. **Cet arbitrage – entre une accentuation des avantages immédiats au risque d'une dégradation de l'avenir versus une détérioration des conditions de vie présentes en vue de préserver un bon niveau de rémunération future – est sans doute un élément sur lequel réfléchir pour comprendre la désaffection des études scientifiques.** De fait, une étude menée par le L.S.E. sur les conditions de vie étudiante de l'ensemble de la région Rhône-Alpes (et aussi dans les années antérieures sur une comparaison Catalogne/Allemagne/France) montre très clairement que le degré d'efforts consentis dans les études dépend des gains futurs espérés par les étudiants.

Autrement dit, **la désaffection vis-à-vis des études scientifiques ne peut pas se penser en dehors des prévisions d'insertion professionnelle et sociale future.** D'un côté, nous avons à améliorer les **chances** données à tous types d'élèves de réussir en classe de science, grâce à des méthodes d'enseignement adéquates. De l'autre, cependant, il faut faire en sorte que la nature et la répartition des **places** offertes au long et au débouché des études scientifiques soient viables et équitables. Les deux approches sont vraisemblablement à conduire en parallèle.

Des perspectives pour l'institution, la formation et la recherche

Au final, cette enquête débouche sur des perspectives pour l'institution, la formation et la recherche.

Concernant l'institution, les transformations essentielles devraient porter sur les programmes et les modalités d'évaluation. Il s'agirait de :

- **Centrer les programmes sur la maîtrise de compétences** : mieux fonder la programmation des enseignements sur des **acquisitions de savoirs** établis, sur l'élaboration de **capacité d'agir en situation** et sur la mise en place d'**attitudes adéquates** vis-à-vis de problèmes scientifiques référés à la vie commune. Il faudrait

donc favoriser la création d'espaces de liberté permettant, à la fois, le déploiement des démarches d'investigation et l'intégration des différentes disciplines scientifiques.

- **Instaurer une évaluation formative** qui soit : tournée vers l'identification des **progrès** de chaque élève dans sa propre maîtrise des compétences visées ; ouverte à la prise en compte des différentes **ressources** externes à l'élève et nécessaires à la résolution d'un problème, même durant les tests évaluatifs ; sous-tendue par l'**autorégulation** de leurs apprentissages par les élèves eux-mêmes. Il semble donc nécessaire de dépasser les épreuves normatives qui requièrent uniquement la restitution de connaissances ou de savoir-faire.

Concernant la formation, les changements principaux devraient porter sur le renforcement du travail collectif enseignant et de l'implantation de ressources, notamment en ligne, à destination des enseignants. Il s'agirait de :

- **Développer les interactions entre professionnels sur les problèmes qui les concernent.** Ces interactions peuvent concerner les enseignants entre eux mais elles seraient plus pertinentes si elles concernaient des **enseignants de différents niveaux** (primaire et secondaire, secondaire et supérieur), des enseignants et des **scientifiques de terrain**, des enseignants et des partenaires des **collectivités territoriales** (associations, centre de ressources, musées, etc.), des enseignants et des **entrepreneurs du domaine scientifique**. Il faudrait soutenir une dynamique d'échanges entre les différents niveaux de responsabilité qui sont concernés par le développement des enseignements scientifiques et par leur attractivité pour les élèves, garçons et filles.

- **Soutenir l'implantation de ressources pour l'enseignement scientifique.** À travers le rapport, il apparaît que ces ressources sont **humaines** (dédoublage des classes pour avoir des groupes de 12-15 élèves ; présence de responsables de laboratoire pour aider à la gestion matérielle des expérimentations). Elles sont aussi **structurelles**, à travers la création de filières d'excellence spécifiques, notamment pour les jeunes issus des catégories sociales désavantagées ou de parcours spécifiques pour les étudiants qui veulent être enseignants. Elles sont enfin **numériques**, notamment parce que les rencontres à distance, aux niveaux national, européen et planétaire, sont utiles au changement des conceptions et des pratiques d'enseignement (cf. annexe 3).

Concernant la recherche, enfin, deux perspectives peuvent être dégagées. L'une touche l'activité déployée par les acteurs au cours des démarches d'investigation, l'autre les effets de ces démarches sur les apprentissages scolaires.

- **Comprendre l'activité des enseignants dans les démarches d'investigation.** Dans une perspective ergonomique, tout comme la recherche a modélisé l'activité des pilotes d'avion ou celle des pompiers, il s'agirait, d'abord, de comprendre ce que font les enseignants quand ils mettent en œuvre une séance fondées sur les démarches d'investigation : quels sont leurs **buts**, sur quels **indices** pris dans la classe ou les savoirs pilotent-ils leur cours, quelle est l'étendue de leur **répertoire d'actions**, à partir de quelles **connaissances de référence** justifient-ils leurs actions. Comme la plupart de ces manières de faire sont issues de la culture professionnelle, il s'agirait, ensuite, d'identifier des **formes de travail collectif** qui modifient ces manières de faire en les infléchissant vers les méthodes les plus adéquates, notamment en ce qui concerne la prise en considération de la diversité des apprenants.

- **Mesurer l'impact des démarches d'investigation sur les acquisitions scolaires.** Cet impact peut se situer à plusieurs niveaux : la nature de l'**activité** déployée par différents types d'élèves durant les séances d'investigation ; les **acquisitions** des différents éléments des compétences ; la **motivation** pour les sciences ; les capacités d'**autorégulation**. À travers le rapport, on a vu que ces lacunes dans les programmes de recherche placent les enseignantes et les enseignants en situation d'incertitude ; ce qui freine la diffusion des démarches d'investigation.

Chacun de ces six points est fondé sur des éléments qui existent actuellement. Il s'agit donc bien de soutenir une dynamique en devenir.

Annexe 1 : Questionnaire sur la diffusion des démarches d'investigation en France

Dans le cadre du projet européen S-TEAM, nous cherchons à **préciser la stratégie de diffusion des démarches d'investigation**, notamment en France.

L'objectif est d'identifier des stratégies pertinentes de formation des enseignants, au niveau local, national et européen, afin de les **faire connaître** à travers les différents systèmes éducatifs.

Nous avons besoin d'informations portant sur **quatre questions** : les stratégies d'enseignement, les programmes et parcours scolaires, les démarches d'évaluation, les politiques éducatives et de formation, en ce qui concerne les démarches d'investigation.

Nous aimerions **connaître votre point de vue** sur toutes ces questions ou, éventuellement, seulement sur celles qui vous concernent le plus.

Enfin, dans le but de rendre nos résultats plus concrets, nous vous remercions de **décrire succinctement une action de formation** des enseignants qui vous semble particulièrement adéquate.

Nous nous engageons à **vous transmettre une version provisoire** du document rédigé à partir de vos réponses afin que vous puissiez faire des demandes de modification ou d'éventuels commentaires.

Nous vous remercions très sincèrement pour votre collaboration.

1- Stratégies d'enseignement en ce qui concerne les démarches d'investigation

1- Quelle **définition** donner au terme « démarches d'investigation » ? Quelles sont les finalités de ces démarches ?

2- Quelle **distinction** peut-on faire entre les démarches d'investigation et les approches traditionnelles de l'enseignement scientifique ? Comment justifier ce changement ?

3- Quels **avantages** les démarches d'investigation offrent-elles aux enseignants ou aux élèves ? Quelles contraintes nouvelles impliquent-elles ?

2- Programmes d'enseignement et parcours scolaires

1- Quelle est la **part** des démarches d'investigation dans les programmes et les parcours scolaires, notamment au collège et au lycée, y compris professionnel ?

2- Ces démarches d'investigation viennent-elles **s'intégrer** dans le parcours scolaire ? Au contraire, constituent-elles une surcharge aux programmes ?

3- Constituent-elles une occasion de **restructuration** des enseignements, en bénéficiant de suffisamment de temps et de ressources pour leur mise en œuvre ?

3- Démarches d'évaluation

1- Comment les pratiques d'évaluation instaurées **officiellement** sont-elles en cohérence avec les démarches d'investigation ?

2- Dans les établissements scolaires, quelles sont les pratiques d'évaluation qui **émergent** et qui visent à promouvoir la motivation et l'intérêt des élèves pour les matières scientifiques ?

4- Politiques éducatives et de formation en ce qui concerne les démarches d'investigation

1- Quelle **part** des politiques éducatives et de formation est occupée par le développement des démarches d'investigation ?

2- Comment l'**organisation** de la formation permet-elle aux enseignants d'enrichir leur répertoire d'actions en ce qui concerne la mise en œuvre des démarches d'investigation ?

3- Quelles **ressources** sont développées afin de servir d'appui au travail enseignant, notamment au niveau des équipes pédagogiques ou disciplinaires de l'établissement ?

4- Quels **projets** sont en cours qui viseraient à promouvoir la motivation et l'intérêt des élèves pour les matières scientifiques ? Quel y est le rôle de votre institution (ministère de l'éducation nationale, formation enseignante, université, recherche, collectivités territoriales) ?

5- Description succincte d'une action de formation particulièrement pertinente

1- Quel est le **public** visé et le mode de **sélection** des participants à la formation ?

2- Quels sont les **objectifs** principaux de la formation et les modalités permettant de prendre en compte les **attentes** des formés ?

3- Comment est organisé le **dispositif** de formation et quelles sont les modalités permettant de **responsabiliser** les formés ?

4- Quels sont les **effets** de la formation, attendus et/ou constatés ?

5- Pouvez-vous indiquer un **lien internet** permettant d'accéder aux contenus de la formation ou nous faire parvenir des documents papier disponibles ?

Annexe 2 : La diffusion des démarches d'investigation dans SINUS

L'objectif du programme SINUS est d'améliorer l'enseignement des mathématiques et des sciences dans l'enseignement secondaire, et ainsi l'attitude des élèves à leur égard ainsi que leur réussite dans ces disciplines. Il offre aux enseignants l'opportunité de développer des techniques d'enseignement en groupe avec leurs collègues (de leur établissement ou d'autres) et des chercheurs. Le programme a été financé conjointement par le Ministère Fédéral de l'Éducation et les Ministères de l'Éducation des 16 états fédéraux de l'Allemagne, et conçu afin d'atteindre un nombre important d'établissements sur 10 ans. Ce programme a débuté en 1998 avec 180 établissements issus de 15 états fédéraux. Lors de deux phases de diffusion entre 2003 et 2007, le nombre d'établissements s'est accru jusqu'à environ 1 800 (parmi 13 états fédéraux). Le financement officiel du programme s'est terminé en 2007. Depuis, les états fédéraux se sont vu affecté la charge de la poursuite de la diffusion de cette approche.

Les concepteurs de l'approche SINUS supposent que, pour atteindre de substantielles et durables améliorations dans l'enseignement, les enseignants doivent prendre possession du processus. Ils doivent trouver des moyens pour traiter les situations difficiles et pour élargir ainsi qu'affiner leur répertoire d'actions personnel (plutôt que de requérir à des explications venant de personnes extérieures). Ceci peut être réalisé si les enseignants travaillent sur leurs enseignements en groupes avec leurs collègues ainsi qu'avec des enseignants d'autres établissements, et ceci de façon régulière. Dans ces groupes, les enseignants doivent identifier les situations d'enseignement difficiles et se mettre d'accord sur les buts qu'ils souhaitent atteindre dans un certain laps de temps. Afin de pouvoir développer leurs compétences et leurs enseignements, les enseignants ont besoin de soutien, en particulier au début du processus.

L'approche SINUS offre aux enseignants un cadre de travail organisé et une structure permettant de développer et d'améliorer leurs enseignements sur le long terme, en collaboration avec leurs collègues. Pour que l'application du programme SINUS soit réussie, sont requis :

- L'identification et la description de problèmes courants en mathématiques et dans l'enseignement des sciences.

- La traduction de ces problèmes en « modules » offrant aux enseignants des manières d'améliorer leurs pratiques d'enseignement, le tout basé sur des recherches (evidence-based research). Ces modules ne renvoient pas à un contenu spécifique (comme par exemple les forces ou les équations chimiques) ou à une méthode d'enseignement (comme le travail en groupe ou l'utilisation du débat); ils se concentrent plutôt sur la question de comment l'enseignement peut être changé pour améliorer l'apprentissage des élèves (comment les enseignants doivent prendre en compte les conceptions des élèves, comment les devoirs peuvent offrir aux élèves des opportunités d'apprentissage supplémentaires).

- Les enseignants doivent pouvoir bénéficier de matériels procurant de nouvelles idées et de nouveaux exemples de techniques d'enseignement, des devoirs permettant un entraînement efficace, des plans de cours, etc...

- Les enseignants doivent être soutenus par les directeurs de leurs établissements respectifs.

- Les enseignants doivent pouvoir bénéficier de suffisamment de temps et de ressources pour développer conjointement de nouvelles approches dans leurs groupes, les essayer en classes et réfléchir sur les résultats obtenus avec leurs collègues.

- Les processus dans les établissements doivent être facilités par des coordinateurs qui amorcent le travail, offrent des feedbacks, organisent l'échange d'idées et d'expériences avec d'autres établissements, et s'assurent que les groupes d'enseignants travaillent en accord avec le concept du programme.

Bien qu'une variété de matériels a été produit par les enseignants participants durant les 12 dernières années, les caractéristiques et la force de SINUS résident dans le processus lui-même. La diffusion de l'approche SINUS signifie ainsi la diffusion du processus. Cela ne consiste pas à produire des collections de produits et à les distribuer dans les établissements sous la forme de livrets, CDs ou via internet.

La diffusion utilise de nombreux principes identiques à l'implémentation du programme mais est basée sur un éventail plus large d'expériences. Plus d'expériences issues des établissements sont rendues disponibles plus la diffusion est facilitée.

Pour une diffusion efficace, les enseignants et les directeurs doivent se consacrer aux buts et principes de l'approche. Ceci peut être réussi en les laissant décider quels modules sont pertinents dans le contexte de leur établissement. La structure des modules offre une possibilité de cibler des problèmes spécifiques minimisant les risques

que les enseignants se sentent débordés par les difficultés et de fait se montrent incapables de faire face aux changements. De plus, cela crée des possibilités de voir et d'expérimenter des réussites. Le département des sciences d'un établissement donné doit s'accorder sur un programme de travail. Les enseignants doivent identifier des problèmes typiques d'enseignement et des voies d'amélioration potentielles en rapport avec les modules. Les conclusions importantes des modules doivent être rendues publiques au niveau de l'établissement. Les enseignants doivent se documenter et évaluer les nouvelles approches de manière à être capables de les partager et d'en discuter avec les enseignants d'autres établissements.

Les enseignants requièrent un soutien de la part de coordinateurs à différents niveaux. Il doit y avoir un coordinateur dans chaque établissement responsable de l'organisation du travail et de la communication avec les autres niveaux. Il doit y avoir également des coordinateurs régionaux responsables d'un réseau d'établissements. Ceux-ci doivent bien connaître les principes de l'approche et être capable d'amorcer le travail dans les établissements. De plus, ils ont à organiser les échanges avec les établissements voisins, et procurer des feedbacks à intervalles réguliers. Enfin, il doit exister une coordination globale permettant l'échange d'idées et d'expériences entre les réseaux d'établissements, procurant de nouvelles idées et formations pour les coordinateurs et les établissements, et essayant de garantir la cohérence globale du programme.

Les autorités scolaires ont à soutenir la diffusion en fournissant du temps et de l'espace aux enseignants pour travailler collaborativement sur leurs enseignements. De plus, ils peuvent faciliter encore plus la diffusion et l'appréciation du programme par des changements adéquats dans les programmes et les évaluations pour montrer aux enseignants, parents et élèves que ce développement de l'enseignement est cohérent avec les objectifs globaux d'éducation. Les instituts de formation des enseignants et les universités ont pour mission de fournir des cours appropriés aux établissements et à renforcer les idées pédagogiques de l'approche (les modules) dans leurs programmes de formation initiale des enseignants.

Annexe 3: Des ressources en ligne

ACCESS (Actualisation Continue des Connaissances des Enseignants en Sciences)

Lien internet : <http://acces.inrp.fr/>

L'équipe ACCESS est une équipe propre de l'INRP qui travaille sur les problématiques d'actualisation des connaissances des enseignants en Sciences de la Vie et de la Terre. Les ressources disponibles sur le site comportent des espaces collaboratifs de travail sur les pratiques de modélisation et la simulation dans les géosciences ainsi que dans le domaine des neurosciences, de nombreux logiciels en téléchargement, plusieurs offres de formation (Formaterre et Formavie notamment) ainsi qu'un ensemble de dossiers d'information (dont plusieurs thèses et publications) et d'activités pédagogiques dans le domaine des Sciences de la vie et de la Terre.

La main à la pâte

Lien internet : <http://www.lamap.fr/>

La main à la pâte a été lancée en 1996, à l'initiative de Georges Charpak, prix Nobel de physique 1992, Pierre Léna, Yves Quéré et de l'Académie des sciences dans le but de rénover l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire en favorisant un enseignement fondé sur une démarche d'investigation scientifique. La démarche préconisée par La main à la pâte s'appuie sur dix principes et articule apprentissages scientifiques, maîtrise des langages et éducation à la citoyenneté. Pour cela, les enseignants soumettent à la curiosité de leurs élèves des objets et des phénomènes du monde qui les entoure, suscitant le questionnement scientifique. Celui-ci conduit à la formulation d'hypothèses destinées à être testées par l'expérimentation ou vérifiées par une recherche documentaire. Ainsi, les élèves s'approprient progressivement concepts scientifiques et techniques opératoires et consolident leur expression orale et écrite.

De nombreux acteurs, enseignants, formateurs, conseillers pédagogiques, inspecteurs, ingénieurs, scientifiques, étudiants en sciences, etc. participent aux différents dispositifs d'accompagnement mis en œuvre par La main à la pâte. L'opération est coordonnée aux niveaux national et international par une équipe d'une quinzaine de personnes basée dans les locaux de l'École normale supérieure à Montrouge.

Les ressources disponibles sur le site comportent une documentation scientifique sur plusieurs thèmes (astronomie et espace, biologie animale et végétale, biologie humaine, écologie...) ainsi qu'une documentation pédagogique abordant l'utilisation de cahiers d'expériences, la mise en œuvre des démarches d'investigation, un éclairage sur les 10 principes de la main à la pâte et

sur le rôle du maître, et enfin plusieurs travaux sur le rapport entre sciences cognitives et éducation.

Un espace particulier est réservé à l'enseignement intégré de science et technologie au collège.

Pairform@nce

Lien internet : <http://national.pairformance.education.fr/>

Le programme Pairform@nce est un projet national de formation continue des enseignants, de premier comme du second degré, visant l'intégration des technologies. Les formations Pairform@nce sont basées sur un principe de création collaborative de séquences de classe. La plate-forme nationale Pairform@nce propose des parcours de formation continue, qui sont des structures et des ensembles de ressources permettant la mise en œuvre dans les académies de formations continues.

Le projet INRP-Pairform@nce est un projet de recherche et de développement de parcours de formation continue, en mathématiques, sciences physiques, géologie et géographie. Certains de ces parcours, déjà publiés ou en cours de développement, concernent directement les démarches d'investigation :

- en mathématiques, le parcours « Concevoir des TP de géométrie avec un logiciel de géométrie dynamique », vise la mise en œuvre de démarches d'investigation en géométrie au collège et au lycée en exploitant les potentialités de logiciels de géométrie dynamique. Un parcours intitulé « Démarches d'investigation en mathématiques au collège avec des logiciels » est en cours de conception ;
- en géologie, les parcours « Globes virtuels » (4 parcours, selon l'expertise technique des stagiaires) visent l'intégration en géologie (avec éventuellement un travail commun avec des professeurs de géographie) des outils actuels de géomatique, en portant une attention particulière à l'articulation entre les dimensions expérimentales qu'ils permettent et les connaissances scientifiques ;
- en sciences physiques le parcours vise la mise en œuvre d'une démarche permettant aux enseignants d'explicitier le fonctionnement de la physique et la modélisation. Les dispositifs expérimentaux sont étudiés pour que les élèves en construisent des représentations du point de vue de la physique mais aussi, quand c'est pertinent, de la vie quotidienne. Dans ces démarches, l'accent est mis sur des temps de travail en petits groupes permettant aux élèves d'avoir une autonomie pour construire du sens au savoir. Ceci permet la mise en œuvre d'une démarche d'investigation visant à permettre à l'élève d'assurer une responsabilité dans la construction du savoir enseigné.

PEGASE (pour les Professeurs et leurs Elèves, un Guide pour l'Apprentissage des Sciences et leur Enseignement)

Lien internet : <http://pegase.inrp.fr/>

Les ressources disponibles dans Pegase comportent des séquences d'enseignement qui incluent des séries d'activités visant à aider les élèves à s'approprier les éléments essentiels du programme officiel. Les activités sont organisées pour permettre aux élèves de participer activement à la construction du savoir enseigné dans la classe et favoriser ainsi sa compréhension et son appropriation. Les activités sont variées et visent à permettre aux élèves d'avoir une « autonomie de pensée », de faciliter les débats aussi bien en petits groupes qu'en classe entière pour construire du sens au savoir en jeu et ainsi de se situer dans une démarche d'investigation.

Ces ressources comportent également un important volet pour le développement professionnel des maîtres. Une partie de ces ressources consiste en des commentaires associés aux séquences, relatifs au but de l'activité (d'une partie de séquence ou d'une séquence), à sa préparation, au savoir en jeu, à sa correction et enfin au comportement des élèves. Ce dernier type de commentaire inclut, dans certains cas, des vidéos d'élèves en train de réaliser l'activité. Une autre partie de ces ressources présente les raisons des choix faits lors de la conception des séquences et des activités, en particulier elle présente les choix faits pour rendre l'élève autonome en ayant la capacité de débattre tout en lui permettant d'acquérir de nouvelles connaissances.

Ressources pédagogiques des académies de l'enquête

Académie de Grenoble

Lien internet : http://www.ac-grenoble.fr/accueil_peda/accueil.php

Académie de Lyon

Lien internet : <http://www.ac-lyon.fr/ressources-pedagogiques-academie-lyon.html>

Académie de Rennes

Lien internet : <http://espaceeducatif.ac-rennes.fr/>

S-TEAM Partners

ISBN 978-82-93118-02-2

Cyprus	• European University – Cyprus *
Czech R.	• University of South Bohemia *
Denmark	• University of Copenhagen *
	• Aarhus Universitet
Estonia	• University of Tallinn *
Finland	• Abo Akademi University
	• Helsinki University *
	• University of Jyväskylä
France	• Centre National de la Recherche Scientifique
	• Université Pierre Mendes-France *
	• Université Rennes 2 – Haute Bretagne
Germany	• Friedrich Schiller University of Jena ⁽¹⁾
	• Leibniz Institute for Science Education at the University of Kiel *
	• Technical University Munich ⁽²⁾
Israel	• Technion – Israel Institute of Technology *
Lithuania	• Kaunas University of Technology *
	• Vilnius Pedagogical University
Norway	• Norwegian University of Science and Technology (coordinator)
	• University of Oslo *
Spain	• Universidade de Santiago de Compostela *
Sweden	• Karlstad University* ⁽³⁾
	• Mälardalen University *
Turkey	• Hacettepe University *
	• Gazi University
UK	• University of Bristol *
	• University of Leeds
	• University of Strathclyde *

* National Liaison Partner

(1) To March 2010, (2) From April 2010 (3) From June 2010