

# LES PRATIQUES EXPÉRIMENTALES DANS LES MANUELS SCOLAIRES DES LYCÉES (1850-1996)

Dominique Galiana

*À l'aide d'une approche historique qui repose sur l'analyse de manuels scolaires français de biologie édités entre 1850 et 1996, nous avons analysé la mise en texte de la pratique expérimentale au lycée. Nous avons dégagé la notion d'expérience prototypique, référent empirique partagé par les élèves et les enseignants. Nous avons montré comment les fonctions des expériences ont évolué et se sont enrichies tout au long de notre période d'étude, notamment suite à la réforme des lycées de 1992. Nous avons enfin mis en évidence l'unique type de démarche logique mis en jeu dans les manuels scolaires (la suppression de la cause entraîne la disparition de l'effet) et montré que certains raisonnements utilisés dans les manuels scolaires étaient illégitimes.*

perspective  
historique pour  
analyser  
l'expérimental  
dans la classe

Dans un travail consacré à l'expérimental dans les classes de biologie au lycée, nous avons choisi une approche historique de la pratique expérimentale basée sur l'étude des manuels scolaires. Pourquoi adopter une telle approche ? Parce que cela donne de la perspective à une analyse qui concerne l'expérimental dans les classes d'aujourd'hui et permet de situer les pratiques du présent par rapport à celles du passé. On peut alors saisir des évolutions et des permanences, des continuités et des ruptures à propos du statut et des fonctions des expériences sur le plan didactique. S'il n'est aucunement certain que les expériences décrites dans les manuels aient été exécutées en classe, celles-ci n'en constituent pas moins une référence à laquelle se sont reportés de nombreux enseignants et des générations d'élèves.

dépouillement  
des manuels  
portant sur le  
concept de  
photosynthèse...

Sur la période retenue, 1850 début de la mise en place d'un enseignement scientifique à 1996 date de la dernière réforme des lycées, il n'était pas possible de dépouiller les manuels scolaires dans leur intégralité. Nous avons retenu le concept de photosynthèse. Dans chaque manuel, nous avons analysé sur le plan de l'expérimental tous les chapitres se rapportant à ce sujet. Les raisons de ce choix sont simples :

- l'assimilation chlorophyllienne (ou photosynthèse, la dénomination varie avec les époques) est enseignée au lycée depuis 1850 sans interruption ;
- c'est un concept qui se prête bien à une approche expérimentale même si celle-ci est réductionniste.

... pour établir  
des comparaisons  
sur la pratique  
expérimentale

Notre interrogation à l'origine de ce travail était la suivante : que s'est-il fait par le passé sur le plan expérimental en classe? Si pour des périodes récentes, il existe de nombreuses manières de récolter des données afin de répondre à la question précédente, il n'en est pas de même pour des périodes anciennes. L'une des voies possibles, celle que nous avons choisie, est de se pencher sur les manuels scolaires et d'établir des comparaisons. En effet, les manuels permettent de voir comment s'est effectuée la "mise en texte" de la pratique expérimentale. Après avoir défini notre méthodologie d'étude et caractérisé notre corpus, nous avons analysé :

- les expériences les plus fréquemment citées ;
- l'évolution historique du statut des expériences ;
- les démarches, la logique et les relations causales qui sont à l'œuvre.

## 1. MÉTHODOLOGIE DU RECUEIL DES DONNÉES

grille d'analyse  
en sept champs

Le dépouillement des manuels scolaires a été réalisé à l'aide d'une grille d'analyse (voir en annexe) portant aussi bien sur le fond que sur la forme. Cette grille comportait plusieurs champs. Les trois premiers étaient destinés à identifier le manuel (date de parution, auteurs...), à qualifier la présentation graphique (type de photographie, de schéma...) et à analyser la structure des chapitres (présence ou non de documents, de résumé, à quelle place dans le chapitre...). Le quatrième visait à préciser le statut des expériences (monstratives, démonstratives...) ainsi que leur caractère (qualitatif ou quantitatif). Le cinquième champ devait permettre de situer la manière dont l'expérience était relatée dans le manuel (évoquée, présentée dans le détail...) et le niveau d'organisation choisi (plante entière, organe...). Le sixième champ devait permettre de définir les fonctions de l'expérience tant sur le plan scientifique que sur le plan pédagogique (mise en évidence de problème, initier un questionnement...).

Le dernier champ, enfin, était destiné à identifier les types de raisonnements, de causalités et le niveau conceptuel retenu dans la présentation du concept d'assimilation chlorophyllienne ou de photosynthèse.

Chaque manuel scolaire a été analysé à l'aide de cette grille. C'est à partir de cet outil et de la liste des expériences citées dans chaque manuel, que des comparaisons ont été effectuées et qu'une analyse a été réalisée. Nous ne présenterons ici que les résultats ayant trait au statut des expériences et aux modes de raisonnements mis en jeu dans le cadre de la démarche expérimentale.

## 2. DESCRIPTION DU CORPUS

Notre corpus est constitué de 88 manuels scolaires de biologie (liste en annexe) destinés aux élèves de 15 à 18 ans. Sur les 88 ouvrages analysés, 68 (71 %) présentent de manière plus ou moins explicite des expériences à propos de la photosynthèse. Parmi les 68 manuels qui relatent des expériences :

expériences sur  
la photosynthèse  
présentées dans  
71 % des manuels  
analysés

- 18 (27 %) en présentent 1 à 4 ;
- 24 (35 %) en présentent 5 à 10 ;
- 26 (38 %) en présentent plus de 10.

Ainsi, 73 % des 68 manuels relatent plus de 4 expériences à propos du concept de photosynthèse.

Pour tenter de mettre en évidence des évolutions temporelles, nous avons analysé le pourcentage de manuels présentant des expériences pour une période donnée. Ainsi de 1850 à 1900, 59 % des manuels présentent des expériences (10 sur 17). Sur la période 1901 à 1996, 80 % des manuels en présentent (57 sur 71). Ceci est à mettre en relation avec le fait qu'à partir de 1902, les travaux pratiques effectués par les élèves entrent officiellement dans les programmes d'enseignement. Une analyse plus fine montre que l'approche conceptuelle choisie et définie dans les programmes scolaires conditionne aussi la pratique expérimentale.

## 3. EXPÉRIENCES PROTOTYPIQUES ET RÉFÉRENT EMPIRIQUE

En dépouillant les manuels scolaires, nous avons eu l'impression que certaines expériences revenaient plus fréquemment que d'autres. Nous avons décidé d'examiner cet aspect afin de dégager le palmarès des expériences citées à propos du concept de photosynthèse.

### 3.1. Résultats

L'expérience la plus citée (présente dans 90 % des manuels scolaires de notre corpus) est dérivée d'une manipulation de Bonnet (1720-1793). Celui-ci plaça les feuilles d'un rameau de vigne dans de l'eau au soleil. Il constata l'apparition de bulles de gaz à la surface des feuilles. Il remarqua aussi que le même dispositif placé à l'obscurité ne produisait pas de gaz.

l'expérience la  
plus citée, issue  
des travaux de  
Bonnet, met en  
évidence le  
dégagement  
de dioxygène

Dans les manuels scolaires, l'expérience est généralement présentée ainsi : dans un cristalliseur rempli d'eau enrichie en dioxyde de carbone, on place des fragments végétaux sous un entonnoir recouvert d'un tube à dégagement gazeux ; on place le tout à la lumière ; à la fin de l'expérience,

le gaz accumulé dans le tube à dégagement est caractérisé par différentes méthodes (action sur le pyrogallate, action sur un point incandescent...). La conclusion invariablement tirée de cette expérience est qu'il y a eu, à la lumière, dégagement de dioxygène.

Dans les manuels scolaires postérieurs à la réforme des lycées de 1992, nous trouvons une variante de cette expérience réalisée grâce à la méthode EXAO (EXpérimentation Assistée par Ordinateur). Dans ce cas, à l'aide d'une sonde oxymétrique, on mesure la quantité de dioxygène dégagé en temps réel.

variation du  
dégagement  
d'O<sub>2</sub> en fonction  
de l'éclairement

La seconde expérience, par la fréquence avec laquelle elle est citée (80 %), dérive de la première. Le dispositif expérimental est identique, la problématique est différente. Il s'agit de mettre en évidence des variations. Dans ce cas, on mesure l'intensité du dégagement gazeux en fonction de l'éclairement reçu par le végétal. Là aussi, une manipulation de type EXAO est possible.

séparation  
des pigments  
végétaux

La troisième expérience par ordre de citation (71 %) est relative à la séparation des pigments végétaux (chlorophylles, caroténoïdes, xanthophylle...). Le principe de cette manipulation remonte au XIX<sup>e</sup> siècle. Un végétal chlorophyllien est broyé en présence d'éthanol ou d'acétone. On obtient après filtration une solution qui contient les divers pigments végétaux. Pour les séparer, on ajoute à cette solution du benzène (d'autres solvants sont aujourd'hui utilisés compte tenu de la toxicité du benzène). On obtient alors deux phases. La phase benzénique contient les chlorophylles *a* et *b*, l'autre contient la xanthophylle, les caroténoïdes... On peut ensuite obtenir la séparation des pigments par chromatographie sur papier ou sur couche mince.

spectre de la  
chlorophylle

La quatrième expérience (64 %) concerne le spectre de la chlorophylle. On fait traverser une solution alcoolique fraîche de chlorophylle par un faisceau de lumière blanche. Le faisceau émergent est décomposé par un prisme ou un réseau. On peut alors déterminer sur un écran les bandes correspondant à l'absorption par la solution de chlorophylle.

production  
d'amidon

La cinquième et dernière expérience que nous citerons (60 %) consiste en la mise en évidence de la production d'amidon par les feuilles exposées à la lumière. Cette caractérisation est réalisée grâce à l'eau iodée soit sur une feuille entière, c'est la méthode la plus classique, soit sur une préparation microscopique (entre lame et lamelle).

### 3.2. Discussion

sur presque  
150 ans,  
permanence de  
la présentation  
de certaines  
expériences...

Au-delà de la simple constatation, la permanence avec laquelle certaines expériences sont présentées dans les manuels scolaires sur une période de presque 150 ans est étonnante. En effet, malgré de nombreux bouleversements de programmes, malgré des évolutions et des révolutions

pédagogiques ou conceptuelles liées à de nouvelles découvertes à propos du concept de photosynthèse, ce sont les mêmes expériences qui sont citées tout au long de notre période d'étude! Quelles sont les raisons et les conséquences de tels choix?

... simples à réaliser, limpides à interpréter

Pour ce qui concerne les raisons, plusieurs explications sont possibles. À propos des expériences qui dérivent de l'expérience de Bonnet et de celles concernant la séparation des pigments végétaux, nous faisons l'hypothèse que le facteur primordial est la simplicité. Ces manipulations sont à la fois simples à réaliser en classe (elles ne nécessitent que peu de matériel) et limpides quant à leur interprétation supposée (du gaz se dégage et il s'agit de dioxygène). Nous sommes, sur le plan de l'interprétation, dans le domaine de l'évidence. La conclusion est indiscutable.

ce n'est pas le cas de la synthèse d'amidon

Pour ce qui concerne la mise en évidence de la synthèse de l'amidon par les feuilles à la lumière le jour, il n'en est pas de même. Ce qui la rend quasiment incontournable, c'est qu'elle permet de montrer la synthèse d'un produit secondaire de la photosynthèse (amidon). C'est sur le plan conceptuel que cette expérience est utilisée. Elle permet de matérialiser l'existence d'une synthèse par un test coloré.

### 3.3. Conclusion

faits indiscutables, conclusions quelquefois abusives

Ce qui fait le succès de ces expériences dans les manuels scolaires, c'est qu'elles donnent à voir des faits indiscutables. On peut en tirer des conclusions elles aussi indiscutables mais quelquefois abusives. Ainsi, l'expérience de Bonnet permet de mettre en évidence un dégagement gazeux à la surface des feuilles d'un végétal chlorophyllien soumis à l'action de la lumière. On peut montrer uniquement que le gaz dégagé contient de l'O<sub>2</sub>.

vision expérimentale rituelle et stéréotypée

Les expériences choisies par les auteurs de manuels scolaires ne sont pas indifférentes. Elles induisent auprès des enseignants et des élèves une vision de ce qu'est le travail du biologiste, de ce qu'est un végétal, mais aussi de ce qui fait preuve. En privilégiant ce qui donne à voir, on privilégie l'*experientia*, l'observation de sens commun, au détriment de l'*experimentum*, l'expérience construite et réfléchie élaborée dans le cadre d'un programme scientifique de recherche (cette distinction est héritée d'Aristote : Licoppe, 1996). Enfin, la répétition des mêmes expériences citées de la même manière pendant des générations façonne une vision expérimentale rituelle et stéréotypée. Pour démontrer ceci ou cela, il faut procéder toujours de la même manière et certaines expériences sont incontournables. Il y a construction d'un référent empirique ("*l'ensemble des objets, phénomènes et procédés pris en compte - par expérience directe ou par évocation - et des premières connaissances d'ordre pratique qui leur sont associées*" : Martinand, 1995) partagé par les élèves et les enseignants. Dans ce contexte

d'évidences et d'habitudes, il est impossible de prendre du recul. Devant ce qui paraît évident, comment soupçonner ce qui est construit, ce qui est scientifique ?

#### **4. ÉVOLUTION DU STATUT DE L'EXPÉRIENCE DANS LES MANUELS SCOLAIRES**

Si nous avons mis en évidence des grands classiques de l'expérimental, il nous faut aller plus loin pour percevoir quel est le statut scientifique et didactique des expériences. Il faut entrer dans le détail du cours présenté dans chaque manuel scolaire ;

Nous avons distingué quatre grandes périodes dans notre analyse des manuels, en nous basant sur le statut des expériences :

- 1850-1950 : l'expérience est illustrative, elle a un statut de preuve ;
- 1951-1980 : introduction des méthodes dites de redécouvertes, l'expérience précède la théorie ;
- 1981-1992 : l'introduction d'une approche résolument écologique de la photosynthèse induit une approche plus théorique, l'expérience toujours première perd de son importance ;
- 1992-1996 : mise en place de la nouvelle réforme des lycées et introduction de la méthode EXAO (acquisition de données grâce à l'outil informatique).

Pour illustrer les principales caractéristiques de chaque période, nous avons choisi de présenter en exemple un manuel.

##### **4.1. Première période (1850-1950)**

L'analyse porte sur 35 manuels scolaires dont 29 (78 %) comportent des descriptions d'expériences.

###### **• Langlebert (1884)**

Les manuels de cet auteur ont été publiés pendant de nombreuses années (plus de 30 ans) sans grandes retouches.

###### **- Présentation**

Ce manuel présente peu de schémas et ceux-ci sont de type figuratif.

###### **- Structure des chapitres**

Il s'agit d'un cours qui se termine par un résumé ou une synthèse. L'auteur y présente des expériences dans le corps du discours. La variabilité (spécifique, individuelle ou temporelle) des organismes vivants n'est pas prise en compte.

quatre  
grandes  
périodes  
concernant  
le statut des  
expériences

expériences  
démonstratives  
ou monstratives

– Les expériences sont le plus souvent évoquées, elles sont démonstratives ou monstratives, elles sont essentiellement qualitatives. Il y a peu d'accumulation.

Les deux expériences citées dans le texte de Langlebert à propos de l'assimilation chlorophyllienne ont pour fonction la mise en évidence pour renforcer un discours théorique. Elles ont aussi pour fonction la mise en évidence de relations entre différents facteurs.

évidente facilité  
de la vérification

– Dans un paragraphe intitulé "*Respiration des végétaux. Fonction chlorophyllienne ; son influence sur l'air ambiant*" ; Langlebert écrit : "*Rien de plus facile que de démontrer expérimentalement le dégagement d'oxygène par les parties vertes des plantes sous l'action de la lumière solaire. Il suffit pour cela de placer des feuilles vivantes sous une cloche exactement remplie d'eau (fig. 42 bis) et de les exposer ensuite au soleil. On voit bientôt des bulles de gaz se détacher de leur surface et se réunir à la partie supérieure de la cloche.*" La démarche est du type "*on fait... on voit*". Comme de nombreux auteurs à l'époque, Langlebert insiste sur l'évidente facilité de la vérification. Des termes comme "*il suffit*", "*on voit bientôt*", "*rien de plus facile*" sont évocateurs à ce sujet.

#### • **Discussion**

Les grandes caractéristiques de cette époque sont les suivantes.

grande uniformité  
des ouvrages

– Sur le plan de la présentation tout d'abord, il existe une grande uniformité. Tous les ouvrages de cette période se présentent sous forme d'un discours théorique illustré d'expériences en nombre plus ou moins important. Surtout au début de notre période, nous constatons ce que Licoppe appelle des accumulations. Il s'agit, pour rendre crédible une affirmation, de citer plusieurs expériences qui confortent les affirmations produites.

expériences  
pour mettre  
en évidence

– Pour ce qui concerne le statut des expériences, celles-ci ont pour objet principal la mise en évidence. Quelques expériences ont pour objet la mise en évidence de relations ou l'apprentissage de la comparaison. Globalement, il est toujours facile de mettre en évidence et il est évident de voir ce qui doit se passer.

expérience  
comme preuve

Le discours est donc un discours généraliste qui concerne des principes applicables de la même manière à tous les végétaux chlorophylliens. L'expérience émaille le discours de preuves dont l'évidence est soulignée (approche empirique). L'expérience est conçue comme preuve.

## **4.2. Seconde période (1951-1980)**

Notre corpus pour cette période comprend 21 manuels scolaires dont 20 (96 %) relatent une ou plusieurs expériences.

apparition de la "méthode de redécouverte" promue par Brunold

Le fait marquant de cette période est l'apparition des méthodes dites de redécouverte. Celles-ci ont été promues par Brunold, Inspecteur Général de l'Instruction Publique. Dénonçant le mythe de certaines méthodes actives pratiquées parce que censées être moins dogmatiques, Brunold propose la sienne "... *si l'histoire des sciences ne peut constituer le fond de notre enseignement, elle peut inspirer la méthode de celui-ci, en lui proposant de faire parcourir rapidement aux élèves, dans l'étude d'une question donnée, le chemin que les savants de toutes les époques ont suivi dans la même étude. En bref, la pédagogie scientifique doit être une pédagogie de la 'redécouverte'*" (Brunold, 1948).

aberration sur le plan de la logique

Partant de l'expérience, dans cette approche, on demande aux élèves de redécouvrir la théorie qui a servi de cadre conceptuel pour l'élaboration de celle-ci. Il s'agit, sur le plan de la logique, d'une aberration. Gohau (1987) signale combien cette méthode est au moins aussi dogmatique que les précédentes : il s'agit en fait de fonder la théorie sur la pratique expérimentale conçue comme indiscutable.

### • **Camefort et Gama (1953)**

#### – **Présentation**

Ce manuel présente de nombreuses photographies ainsi que de grands schémas pour illustrer les montages expérimentaux ou pour présenter des protocoles d'expériences. Le cours est articulé autour des expériences.

#### – **Structure des chapitres**

expériences démonstratives, introductives ou monstratives

Les chapitres débutent par une introduction présentant le problème. La suite est structurée en sous-éléments. Les expériences sont le plus souvent évoquées, elles sont souvent présentées avant le discours théorique. Celui-ci est le fruit de celles-là. Les expériences sont démonstratives, introductives ou monstratives. Il y a des accumulations notamment à propos du rôle de la chlorophylle (pp. 434-435).

encore surtout fonction de mise en évidence

– Les expériences citées dans le texte de Camefort & Gama à propos de l'assimilation chlorophyllienne ont pour fonction la mise en évidence d'un phénomène, la mise en évidence de relations, la mise en évidence d'un problème ou sa résolution et enfin l'apprentissage de la comparaison. Les auteurs insistent sur la fonction de mise en évidence ou de démonstration de l'expérience. Celle-ci "... *montre la présence de l'amidon...*" (p. 421) ou encore "*Le dégagement d'oxygène par les végétaux chlorophylliens exposés à la lumière peut également être démontré...*" (p. 424). De temps à autre, nous retrouvons encore des tournures du type "... *il est facile de vérifier...*" (p. 426), mais cela devient rare. Plus important, nous trouvons, dans ce manuel, des critiques des méthodes expérimentales. Ainsi, page 427, nous trouvons une critique de la méthode des bulles et, page 428, une critique de la méthode consistant à employer des anesthésiques pour mesurer l'intensité des seuls échanges respiratoires.

des critiques de méthodes expérimentales apparaissent



### • Discussion

plus grande  
importance des  
expériences en  
terme de surface

statuts plus variés

Nous constatons bien le changement fondamental lié aux méthodes de redécouverte : le cours est construit autour des expériences et non l'inverse. En conséquence, l'aspect des manuels scolaires de cette période est largement modifié : les expériences acquièrent une plus grande importance en terme de surface. Les dessins deviennent de plus en plus grands et de moins en moins figuratifs. Les descriptions expérimentales sont de plus en plus précises. Le parti pris semble être ici (conformément aux prescriptions de Brunold) que les élèves doivent pouvoir réaliser eux-mêmes les expériences décrites dans les ouvrages scolaires. Globalement, les expériences présentées dans ce manuel scolaire ont des statuts plus variés que précédemment : mise en évidence d'un problème ou d'un phénomène (c'est classique), mais aussi mise en évidence de relations ou apprentissage de la comparaison (de situations expérimentales).

### 4.3. Troisième période (1981-1992)

Notre analyse des manuels scolaires portera sur un ensemble de 23 manuels, dont 11 (47 %) décrivent plus ou moins explicitement des expériences.

#### • Cloarec et al. (1985)

##### - Présentation

Ce manuel présente des photographies et de grands schémas pour illustrer les montages expérimentaux ou des protocoles d'expériences.

##### - Structure des chapitres

nombreux  
documents

Les chapitres consistent en un cours qui est illustré de nombreux documents (tableaux de données, cartes, dispositifs expérimentaux...). Le chapitre intitulé "*La production primaire*" débute par un paragraphe faisant le point des apports des connaissances, et comprend deux photographies dont la légende est "*L'agriculteur sème au printemps 30 kg de grains de maïs à l'hectare. Il récolte à l'automne environ 8 à 12 tonnes de grains sur la même superficie. Si l'on ajoute les 6 à 8 tonnes de paille et racines laissées dans le champ, cela représente une importante quantité de matière végétale produite pendant la période de végétation du maïs : c'est la production primaire*" (page 166). Il s'agit d'un essai de problématisation. Les expériences sont le plus souvent évoquées, elles sont souvent présentées avant le discours théorique. Les expériences sont démonstratives, introductives ou monstratives, elles sont qualitatives pour la plupart.

essai de  
problématisation

expériences de  
mise en évidence  
très rapidement  
évoquées

- Les expériences citées dans le texte de Cloarec et al. à propos de la photosynthèse ont pour fonction la mise en évidence d'un phénomène ou d'un problème. Elles sont très rapidement évoquées, ainsi page 171, nous pouvons lire :

“L'utilisation de feuilles qui ne sont pas uniformément vertes (fig. 12) montre que la formation d'amidon n'a lieu que dans les parties chlorophylliennes...”

#### • Discussion

raréfaction de  
la référence  
à l'expérimental

Le trait majeur de cette période est un changement d'orientation assez sensible pour ce qui concerne l'approche conceptuelle de la photosynthèse. Ces modifications impliquent bien entendu des conséquences sur les méthodes pédagogiques et notamment la pratique expérimentale en classe. On constate la raréfaction de la référence à l'expérimental dans les manuels scolaires. Au point que bien souvent, il n'est plus fait référence à nos “grands classiques” (les expériences prototypiques) définis comme référents empiriques.

#### 4.4. Quatrième période (1992-1996)

Cette analyse concerne 7 manuels scolaires issus de la réforme de 1992 (*Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, tomes 1 et 2, 1992) qui présentent tous des expériences.

##### • Le Bellegard et al. (1993)

###### – Présentation

Ce manuel présente de nombreuses photographies ainsi que des schémas.

###### – Structure des chapitres

préliminaires  
conséquents  
en début  
de chapitre

Les chapitres débutent par des préliminaires. Par exemple, page 54, nous avons : “S'interroger sur les aliments essentiels au développement des végétaux” (p. 53). À la suite de quoi, trois documents sont proposés qui permettent de poser un certain nombre de questions (“Comment expliquez-vous le développement des végétaux dans la grotte de Lascaux (doc. 3) ?”). Le tout est suivi d'une page intitulée “Se remettre en mémoire la définition d'un végétal chlorophyllien” qui se termine par un paragraphe intitulé “En bref”. Celui-ci récapitule l'essentiel de ce qui a été dit auparavant et comprend les objectifs du cours qui va suivre (“Mettre en évidence les matières prélevées par le végétal chlorophyllien dans le monde extérieur pour assurer son autotrophie, Découvrir les substances rejetées par le végétal chlorophyllien dans son environnement, Comprendre les transformations effectuées par le végétal chlorophyllien pour élaborer sa propre matière”). Suivent alors de nombreux documents (les activités) qui comportent toujours un guide d'exploitation sous forme de questions portant sur l'analyse des résultats, les hypothèses envisageables, leur vérification, mais aussi la conception d'une expérimentation ou l'élaboration d'une synthèse à partir de plusieurs informations. Enfin, nous trouvons à la suite de cela un bilan des activités pratiques et la synthèse du chapitre (“L'essentiel à retenir”). Les expé-

les expériences  
seulement  
évoquées...

riences sont monstratives ou démonstratives, elles sont évoquées. En effet les protocoles sont rarement cités avec précision.

... ont des  
fonctions de mise  
en évidence  
ou initient un  
questionnement,  
un apprentissage  
technique...

– Les expériences citées dans le texte à propos de la photosynthèse ont pour fonction la mise en évidence d'un phénomène ou d'un problème, la mise en évidence de relations, l'apprentissage de la comparaison, d'initier un questionnement mais aussi d'initier un apprentissage technique, de permettre la résolution d'un problème, de faire émerger des représentations. Il s'agit, aussi souvent que possible d'EXAO. Pour initier l'apprentissage technique, les auteurs demandent aux élèves de critiquer un protocole expérimental, de proposer un montage expérimental, etc.

#### • Discussion

réelle évolution  
des manuels

L'analyse des manuels de cette période montre une réelle évolution de ceux-ci. Sur le fond, notons une très grande uniformité dans la présentation des manuels. Cela est peut-être dû au fait que : *“Pour s'assurer que les manuels constitueront une bonne courroie de transmission [des nouveaux programmes], la Direction des lycées et collèges a provoqué plusieurs réunions entre les GTD [Groupes Techniques Disciplinaires] et les équipes de rédaction des éditions scolaires”* (Sciences & Vie, 1992).

application  
des instructions  
officielles

Nous pouvons constater que les auteurs de manuels scolaires ont appliqué avec zèle les instructions officielles (*Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, tomes 1 et 2, 1992) concernant l'articulation expérience-cours. Il s'agit bien, selon une conception de type empiriste (conforme aux méthodes de redécouverte), de partir de l'observable, du fait d'expérience pour bâtir des connaissances scientifiques.

vers un  
développement  
de l'esprit critique  
des élèves

C'est durant cette période que les expériences ont les fonctions les plus variées. Mais, il apparaît des éléments radicalement nouveaux : l'accent est en effet mis sur la critique de protocoles, sur l'explication de telle ou telle réalisation (témoin...), sur l'apprentissage d'une démarche ou d'une méthode. Cela va dans le sens du développement de l'esprit critique des élèves.

## 5. DÉMARCHE, LOGIQUE ET CAUSALITÉ EN MILIEU SCOLAIRE

concernant la  
démarche...

Si l'expérience est un élément important de la pratique expérimentale, la démarche mise en œuvre, la logique et les relations causales évoquées ont aussi un intérêt primordial. Il est nécessaire pour les élèves de lycée d'apprendre à intégrer l'expérience au sein de cet ensemble qui lui donne sa cohérence et sa rigueur. Afin de voir comment peut se faire cet apprentissage de la démarche expérimentale, nous avons

passé en revue les manuels scolaires français à propos du concept de photosynthèse en examinant cet aspect. Celui-ci avait été pris en compte dans notre grille d'analyse des manuels scolaires dans un champ spécifique (le dernier). Pour mener à bien cette analyse, nous nous sommes inspiré des périodes définies pour l'analyse des manuels sur le plan de l'expérimental. Il nous est alors apparu que sur le plan de la démarche, nous pouvions ne distinguer que deux grandes périodes :

... deux  
grandes  
périodes

- 1850-1950, l'expérience vient confirmer la théorie dont elle est une déduction ;
- 1951-1996, l'expérience est première et permet de déduire la théorie suivant une logique inductive.

### 5.1. Première période, 1850-1950

#### • Logique expérimentale

logique  
essentiellement  
déductive

Dans les manuels de cette période, la logique est essentiellement déductive. Selon un plan stéréotypé, le cours se présente sous forme d'un discours théorique dont on déduit un certain nombre de faits expérimentaux qui ont valeur de preuve.

Chez Crie (1887 ?), on peut lire par exemple : "**Les animaux ne peuvent se suffire et ont besoin des végétaux.** - C'est la chlorophylle qui assure l'harmonie et maintient la pureté de l'atmosphère, et cette matière est répartie de telle sorte, dans les deux règnes, que les animaux ne peuvent se suffire et ont besoin des végétaux." (page 98).

des arguments :  
les "observations  
vulgaires"  
chez Crie...

Voilà pour la théorie. À l'appui de celle-ci, viennent des arguments intitulés "observations vulgaires" : "Des observations vulgaires mettent en évidence l'action purifiante du végétal sur le milieu. On sait que certains milieux confinés, tels que les bassins, les aquariums, etc., ne restent propres à entretenir la vie des animaux qu'autant qu'ils contiennent en même temps des végétaux. Ainsi, on voit tous les jours des abreuvoirs alimentés par la même cause se comporter différemment lorsque les parois sont recouvertes d'un revêtement végétal verdâtre, ou qu'au contraire, le revêtement fait défaut" (page 98). Les connaissances sont ancrées sur le concret, l'*experientia*. Les observations vulgaires constituent bien un élément argumentatif.

... des expériences  
fondamentales  
chez Pizon

Si chez Crie, les preuves sont appelées "observations vulgaires", chez Pizon (1927), il s'agit d'expériences fondamentales : "Des plantes aquatiques vertes sont mises dans une éprouvette remplie d'eau et exposée à la lumière : 1° des bulles d'oxygène se dégagent de la surface des feuilles et s'accumulent au sommet de l'éprouvette : une allumette n'ayant plus qu'un point rouge se rallume dans ce gaz ; 2° l'analyse chimique des gaz dissous dans l'eau, montre que celle-ci a perdu une partie du  $CO^2$  qu'elle renfermait.

*En faisant l'expérience en mettant l'éprouvette à l'obscurité, il n'y a plus de dégagement d'O<sup>2</sup> ni d'absorption de CO<sup>2</sup>; la plante n'a fait que respirer en absorbant O<sup>2</sup> et en dégageant du CO<sup>2</sup> qui s'est dissous dans l'eau.*" (page 130).

un exemple  
d'analyse  
abusive

Sur le plan de la logique mise en œuvre lors de l'interprétation des résultats expérimentaux, il apparaît souvent ce que nous appellerons l'analyse abusive. Obré (1946) nous en fournit un exemple. Dans le chapitre "Assimilation chlorophyllienne" et à propos des mêmes expériences, les conclusions suivantes sont proposées : "Donc, une plante verte exposée à la lumière absorbe le gaz carbonique de l'air, rejette de l'oxygène et fait un gain de carbone." (page 502). Or, ce dernier élément n'est pas le fruit de l'expérience. Le seul argument invoqué à ce propos est le suivant : "l'air de la cloche [il s'agit ici de la culture sous cloche, donc en atmosphère confinée, d'un végétal vert] s'est appauvri en gaz carbonique et enrichi en oxygène. Bien plus, la plante dans ces conditions s'est enrichie d'un poids de carbone précisément égal à celui contenu dans le gaz carbonique disparu." (page 502). Il n'est pas démontré expérimentalement que "la plante... s'est enrichie d'un poids de carbone précisément égal à celui contenu dans le gaz carbonique disparu".

#### • Causalité

sans la cause,  
l'effet cesse...

Sur le plan de la causalité, nous sommes dans l'application classique du schéma issu de Galien *sublata causa, tollitur effectus*. Sans la cause, par exemple la lumière, l'effet (dégagement gazeux) cesse. La contre-expérience en absence de lumière est censée démontrer que la lumière est cause nécessaire et suffisante de la photosynthèse (Pizon, 1930, p. 454). Cela n'est vrai que dans des conditions où aucun autre facteur n'est limitant et seulement dans ce cas, ce qui n'est pas signalé. Si par exemple, il y avait eu absence de CO<sub>2</sub> dans l'eau, le dégagement gazeux ne se serait pas produit, même en présence de lumière.

... si aucun  
autre facteur  
n'est limitant

#### • Discussion

Concernant la logique et son apprentissage grâce à la pratique expérimentale, constatons que privilégier un type d'approche (déductive pour cette période), c'est donner une fausse image de la pratique scientifique. Il n'est pas possible lors de la construction de concepts ou de modèles, de n'avoir recours qu'à la logique déductive.

la construction  
des concepts  
scientifiques  
ne se limite pas  
à la logique  
déductive

Toujours sur le plan de la logique, s'il faut que les élèves fassent l'apprentissage de la déduction, encore faut-il être rigoureux dans les exemples qui leur sont présentés et veiller à ne pas aboutir à des conclusions illégitimes. Peut-être est-ce là une maladresse due à l'empressement des auteurs à apporter des connaissances nouvelles sous couvert d'expériences ? Quitte à ce que certaines de ces connaissances ne découlent pas logiquement des expériences citées.

Enfin, sur le plan de la causalité, le raisonnement est du type "si l'on supprime la cause, l'effet cesse". Il n'est pas fait de distinction entre une condition nécessaire au déroulement d'un phénomène et une condition nécessaire et suffisante.

## 5.2. Seconde période, 1950-1996

### • *Logique expérimentale*

logique  
essentiellement  
inductive

Dans les manuels scolaires de cette période, la logique est essentiellement inductive. Suite à l'introduction des méthodes de redécouverte, il s'agit de partir de l'expérience et par généralisation, d'aboutir à la théorie. On passe donc du particulier lié à une ou plusieurs expériences à sa généralisation par induction. Or l'induction n'est pas une opération valide sur le plan de la logique (ce qui ne veut pas dire que l'induction n'est pas une opération utile à la construction des connaissances). Il y a donc là un problème en terme d'apprentissage.

un exemple  
dans le manuel  
de Théron (1964)

Le manuel de Théron (1964) permet d'avoir un exemple de la logique mise en œuvre durant cette période. À propos de l'origine du carbone (et de la fonction chlorophyllienne, p. 165), l'auteur situe le cadre théorique et pose une question : "*Comment le gaz carbonique est-il absorbé par la plante et que devient-il ?*" (p. 165). Suit alors un paragraphe intitulé "*Mise en évidence du phénomène*". Trois expériences sont alors présentées. La première concerne la mise en évidence de la synthèse d'amidon dans des feuilles panachées exposées à la lumière avec ou sans cache. La conclusion à laquelle aboutit l'auteur est la suivante : "*Les végétaux chlorophylliens sont capables à la lumière, d'effectuer la synthèse des glucides : c'est ce que l'on appelle la photosynthèse.*" (p. 168). Nous sommes bien dans le cadre d'une induction. Le même procédé est utilisé avec les deux expériences citées à la suite de celle-ci et ainsi de suite tout au long du chapitre.

utilisation de  
l'induction  
encore plus  
radicale  
après 1992

Dans les manuels issus de la réforme des lycées de 1992, l'utilisation de l'induction est encore plus radicale. Ainsi dans le manuel de Le Bellegard *et al.* (1993), un chapitre débute par des activités (le plus souvent possible expérimentales). Celles-ci sont accompagnées d'un questionnaire portant sur le protocole expérimental, les hypothèses, les résultats obtenus. Vient ensuite un bilan des activités qui est en fait une généralisation des résultats obtenus par l'intermédiaire des expériences présentées dans les activités. Enfin vient une synthèse ("*L'essentiel à retenir*").

l'usage des  
indicateurs  
colorés...

Sur le plan de la logique expérimentale mise en œuvre lors de l'interprétation des résultats expérimentaux, un autre problème apparaît durant cette période, consécutif à l'utilisation de plus en plus fréquente d'indicateurs colorés. Les indicateurs colorés permettent de matérialiser les phéno-

mêmes mis en jeu par le biais d'un changement de couleur. Jusqu'à présent, par exemple, le dégagement de dioxygène lors de la photosynthèse était caractérisé par des tests simples (fixation par un composé chimique ou combustion ravivée à partir du point incandescent d'une allumette). Voici comment Théron (1964) présente maintenant ces expériences :

*"Plaçons un fragment de plante verte aquatique dans un tube à essais contenant une solution de bleu de méthylène. Celui-ci est ensuite décoloré par un réducteur comme l'hydrosulfite de sodium. Une petite couche d'huile le met à l'abri de l'oxygène de l'air. Le tube est ensuite porté à la lumière. La plante émet alors un gaz qui fait réapparaître la couleur bleue. Ce gaz est donc bien de l'oxygène."* (page 176).

... peut conduire à des interprétations abusives

Dans l'expérience citée, il n'a pas été démontré que le gaz était de l'oxygène. Il a été montré (sans témoin, ce qui rend cette démonstration incomplète) qu'un composé oxydé le bleu de méthylène réduit et provoqué sa recoloration. Rien ne permet d'inférer la nature de ce composé oxydant. Dire qu'il s'agit de l'oxygène ne peut être que formuler une hypothèse (qu'il faudrait vérifier) et non un résultat.

Nous retrouvons les mêmes erreurs dans d'autres manuels scolaires tout au long de cette période, soit à propos de l'expérience au bleu de méthylène (par exemple Cloarec *et al.*, 1985), soit à propos d'autres expériences (avec du rouge de crésol, par exemple Decerier *et al.*, 1988).

#### • Causalité

toujours le principe de Galien

Sur ce plan, cette période ne présente pas d'avancée significative. Nous sommes toujours dans le registre de l'unicité de la cause et de l'effet. La causalité s'articule toujours autour du principe de Galien, la suppression de la cause entraîne celle de l'effet. Pas plus que pour la période précédente il n'y a distinction entre condition nécessaire et condition nécessaire et suffisante.

#### • Discussion

l'exclusivité de la logique inductive pose problème

Comme nous l'avons déjà souligné, le fait que les auteurs de manuels utilisent une logique inductive n'est pas en soi un problème. C'est l'exclusivité de cette utilisation qui pose problème. En ne recourant qu'à l'induction, il est impossible de rendre compte du travail scientifique dans toute sa richesse.

le "voir" s'oppose au "construire"

Sur le plan de la logique expérimentale, la propension des auteurs à utiliser des tests colorés pour la mise en évidence des phénomènes pose de nouveaux problèmes didactiques. Comment en effet passer de la variation de couleur d'un indicateur à l'interprétation d'un phénomène biologique ? Comment conclure sans tomber dans l'analyse illégitime ? Dans ce contexte, le "voir" s'oppose au "construire" qui caractérise l'acquisition d'un véritable esprit scientifique.

encore l'influence  
des méthodes  
de redécouverte

Concernant l'apprentissage de la causalité, il n'y a guère d'évolution par rapport à la période précédente.

Autre constat, les méthodes de redécouverte imprègnent toujours notre culture pédagogique. Nous serions tentés de dire avec Gohau (1987) : "... Il s'agit de tirer sans indulgence la leçon d'un échec dont la pédagogie française n'est pas encore parvenue à sortir." Ce texte ayant été écrit en 1987, constatons que 12 ans après, et malgré une réforme importante, les errements sont toujours les mêmes !

## CONCLUSION

L'analyse que nous avons conduite concerne 88 manuels scolaires de 1850 à 1996 à propos du concept de photosynthèse. Cette analyse nous a amené à souligner les points suivants.

les expériences  
prototypiques :  
réfèrent  
empirique des  
enseignants  
et des élèves

Le premier concerne les expériences prototypiques. Ces expériences sont devenues par habitude des passages obligés. Il n'est guère possible aujourd'hui encore de parler de photosynthèse sans les évoquer. Nous les avons qualifiées de prototypiques en ce sens qu'elles définissent, malgré des bouleversements conceptuels et pédagogiques, le référent empirique des enseignants et des élèves à propos du concept de photosynthèse. Il peut sembler, dans les manuels récents, que ces expériences quittent un peu le devant de la scène au profit d'autres plus "modernes" (EXAO). En réalité, un examen minutieux permet de distinguer, sous le vernis de la modernité, la similarité des expériences décrites.

fonctions des  
expériences  
plus diversifiées  
après 1992

Sur le plan des fonctions dévolues aux expériences, les évolutions se font surtout sentir en France après la réforme de 1992. C'est durant cette période que les fonctions des expériences sont les plus diversifiées. C'est aussi durant cette période qu'apparaissent des pratiques nouvelles en matière de questionnement. À partir des documents et des protocoles expérimentaux, les questions posées aux élèves visent plus à faire s'exercer l'esprit critique de ceux-ci tant vis-à-vis des protocoles que des résultats obtenus ou des hypothèses retenues.

des améliorations  
à apporter sur le  
plan de la logique  
expérimentale

Sur le plan de la logique expérimentale, nous avons souligné les erreurs rencontrées dans les manuels (interprétations abusives, imposition dogmatique du savoir sous couvert de l'expérience...). Nous avons montré que l'unique démarche logique utilisée relevait de Galien (la suppression de la cause entraîne la suppression de l'effet) et qu'il n'y avait pas apprentissage de la distinction entre une condition nécessaire et une condition nécessaire et suffisante.

Enfin, nous avons dénoncé l'utilisation trop exclusive d'une logique qui est soit presque uniquement déductive, soit, à l'occa-



l'expérimentation  
scientifique :  
un processus  
pour construire  
de nouvelles  
connaissances

sion de l'introduction des méthodes de redécouverte, presque uniquement inductive. Nous avons pu constater combien les méthodes de redécouvertes imprègnent encore notre culture pédagogique. Ceci même après la réforme de 1992 !

Pour terminer tout à fait, nous citerons Billard (1994) en affirmant : "*L'expérimentation scientifique n'est pas une simple vérification empirique. Elle n'est pas non plus une observation.*" Plus qu'un simple exercice de logique, l'expérimentation scientifique est une manière de résoudre certains problèmes scientifiques par la mise en place d'une expérimentation (lorsque cela est possible) ou par une observation déterminée. Plus qu'une démarche, c'est un processus qui permet d'aboutir à la construction de connaissances nouvelles. C'est à ce titre de processus dynamique et producteur de savoir qu'elle doit être appréhendée par les élèves. L'enjeu est de taille : redonner aux jeunes le goût de faire de la science. C'est l'objectif prioritaire, rappelons-le, de la réforme de 1992 !

Dominique GALIANA  
GDSTC/LIREST, ENS Cachan

## BIBLIOGRAPHIE

BILLARD, J. (1994). *Le pourquoi des choses. Pour une pédagogie de la causalité.* Paris : Nathan.

BRUNOLD, C. (1948). *Esquisse d'une pédagogie de la redécouverte dans l'enseignement.* Paris : Masson.

GOHAU, G. (1987). Difficultés d'une pédagogie de la découverte dans l'enseignement des sciences. *Aster*, 5, 49-69. Paris : INRP.

LICOPPE, C. (1996). *La formation de la pratique scientifique.* Paris : La Découverte.

MARTINAND, J.-L. (1995). La référence et l'obstacle. *perspectives documentaires en éducation*, 34. Paris : INRP.

Ministère de l'Éducation Nationale. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale, Nouveaux programmes des classes de seconde, première et terminale des lycées*, Tome 1 : programmes de la classe de seconde générale et technologique. Numéro hors série du 24/09/92.

Ministère de l'Éducation Nationale. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale, Nouveaux programmes des classes de seconde, première et terminale des lycées*, Tome 2 : programmes des disciplines des classes de première des séries ES, L et S et de technologie industrielle des classes de première et de terminale de la série S. Numéro hors série du 24/09/92.

*Science & Vie, Sciences à l'école : les raisons d'un malaise*, n° 180, hors série ; septembre 1992.

## ANNEXES

## LISTE DES MANUELS SCOLAIRES

## 1850-1950

DE JUSSIEU, A. (1857). *Botanique*, 7<sup>e</sup> édition. Paris : Masson.

YSABEAU, A. (1861). *Leçons élémentaires d'agriculture* (à l'usage des écoles normales, des écoles primaires supérieures et des écoles professionnelles). Paris.

DE MONTMAHOU, M.-C. (1875). *Cours d'histoire naturelle à l'usage des élèves de la classe de philosophie*. Paris : Delagrave.

LANGLEBERT, J. (1875). *Cours d'études scientifiques. Rédigé d'après les programmes officiels des lycées prescrits pour les examens du baccalauréat. Manuel d'histoire naturelle*, 27<sup>e</sup> édition. Paris : Delalain et fils.

LANGLEBERT, J. (1881). *Manuel d'histoire naturelle*, 39<sup>e</sup> édition. Paris : Delalain et fils.

LANGLEBERT, J. (1884). *Histoire naturelle*. Paris : Delalain et frères.

BAILLON, H. (1882). *Anatomie et physiologie végétales*. Paris : Hachette.

FOCILLON, A.-D. (1883). *Cours élémentaire d'histoire naturelle*. Paris : Delagrave.

GOSSELET, J. (1885). *Cours élémentaire de botanique à l'usage de l'enseignement secondaire classique et de l'enseignement secondaire spécial*. Paris : Belin.

CRIE, L. (1887?). *Anatomie et physiologie végétales* (pour les candidats au baccalauréat ès lettres et au baccalauréat de l'enseignement spécial et les élèves des écoles normales). Paris : Doin.

LANGLEBERT, J. (1887). *Manuel d'histoire naturelle*, 51<sup>e</sup> édition. Paris : Delalain et fils.

Anonyme (1896). *Éléments d'histoire naturelle*. Paris : André-Guédon.

Anonyme (1897). *Leçons d'agriculture par les frères des écoles chrétiennes*. Tours : Mame et fils ; Paris : Poussielgue.

BONNIER, G. (1898). *Cours complet d'histoire naturelle*. Paris : Dupont.

CAUSTIER, E. (1898). *Histoire naturelle* (manuel du baccalauréat de l'enseignement secondaire). Paris : Nony.

DAGUILLON, A. (1898). *Anatomie et physiologie végétales*. Paris : Belin.

CAUSTIER, E. (1905). *Anatomie et physiologie animales et végétales* (Philosophie A et B, Mathématiques A et B, écoles normales, etc.). Paris : Vuibert & Nony.

LANGLEBERT, J. (1905). *Histoire naturelle*, 63<sup>e</sup> édition. Paris : Delalain.

AUBERT, E. (1907). *Le monde organisé. Zoologie et hygiène. Paléontologie, botanique*. Paris : André.

- LAMOURETTE, B. & WATEL, E. (1908). *Cours de sciences naturelles*. Alger : Carbonel.
- LANGLEBERT, J. (1908). *Histoire naturelle*, 69<sup>e</sup> édition. Paris : Delalain.
- CAUSTIER, E. (1914). *Sciences naturelles à l'usage des classes de philosophie et de mathématiques*, 20<sup>e</sup> édition. Paris : Vuibert.
- JOXE, A. (1914). *Cours d'histoire naturelle ; Anatomie et physiologie animales et végétales, géologie, hygiène*. Paris : Belin.
- MARTIN, B. & COUPIN, H. (1921). *Cours de sciences naturelles, enseignement secondaire de Jeunes Filles*. Paris : Nathan.
- PIZON, A. (1923). *Précis d'histoire naturelle* (à l'usage des candidats aux différents baccalauréats). Paris : Doin.
- JOXE, A. (1927). *Cours d'histoire naturelle*, 3<sup>e</sup> édition. Paris : Belin.
- PIZON, A. (1927). *Aide-mémoire d'Histoire Naturelle contenant l'exposé succinct des matières exigées au baccalauréat de Philosophie et de Mathématiques*. Paris : Doin.
- DEMOUSSEAU, A. (1928). *Précis de sciences naturelles*. Paris : Masson.
- COLOMB, G. & HOUBERT, C. (1930). *Nouveau cours de sciences naturelles*. Paris : Colin.
- PIZON, A. (1930). *Précis d'Histoire Naturelle* (à l'usage des candidats au baccalauréat de philosophie et de Mathématiques). Paris : Doin.
- REY, P. (1930). *Anatomie et physiologie animales et végétales (2<sup>e</sup> partie)*. Paris : Vuibert.
- BOULET, V. & OBRÉ, A. (1932). *Anatomie et physiologie animales et végétales*. Paris : Hachette.
- PIZON, A. (1933). *Précis d'histoire naturelle*. Paris : Doin.
- REY, P. (1935). *Anatomie et physiologie animales et végétales (2<sup>e</sup> partie)*. Paris : Vuibert.
- CAUSTIER, E. (1945). *Sciences naturelles*. Paris : Vuibert.
- OBRÉ, A. (1946). *Anatomie et physiologie animales et végétales* (classes de philosophie, sciences expérimentales et mathématiques). Paris : Hachette.
- ROUX, H. (1949). *Sciences naturelles du baccalauréat, seconde partie*, 1<sup>re</sup> édition. Paris : Bordas.

### 1951-1980

- ORIA, M. & RAFFIN, J. (1952). *Biologie, anatomie, physiologie humaines et végétales*. Paris : Hatier.
- ROUX, H. (1952). *Sciences naturelles du baccalauréat, seconde partie*, 2<sup>e</sup> édition. Paris : Bordas.
- CAMEFORT, H. & GAMA, A. (1953). *Sciences naturelles* (baccalauréat, seconde partie), *Tome II, Botanique et biologie générale*. Paris : Hachette.

- PLANTEFOL, L. (1955). *Biologie cellulaire et végétale*. Paris : Belin.
- CHADEFAUD, M. & RÉGNIER, M. (1958). *Sciences naturelles, Classe de seconde C' et M'*. Paris : Delagrave.
- CAMEFORT, H. & GAMA, A. (1959). *Sciences naturelles, classe de philosophie, mathématiques et sciences expérimentales*. Paris : Hachette.
- VINCENT, P. (1959). *Sciences naturelles* (classes de sciences expérimentales, philosophie et mathématiques). Paris : Vuibert.
- BLOT, J. (1963). *Le monde végétal, sciences naturelles, classe de seconde M'*, 3<sup>e</sup> édition. Paris : Éditions de l'École.
- CAZALAS, R. & DELATTRE, M. (1964). *Sciences naturelles, classe de seconde M'*. Paris : Hachette.
- THÉRON, A. (1964). *Botanique (classe de seconde M')*. Paris : Bordas.
- VINCENT, P. (1964). *Sciences naturelles, classe de seconde M'*. Paris : Vuibert.
- JEAN-PROST, P. & MICHEL, J. (1966). *La botanique et ses applications agricoles, tome II : Physiologie de la nutrition et physiologie de la croissance*. Paris : Baillière et fils.
- AUBOUIN, F., AUBOUIN, J., BLAIZOT, M., BOUÉ, H., CAZALAS, R., DELATTRE, M., LASCOMBES, G., SOYER, B. et VALLÉE, L. (1967). *Biologie géologie (classe de 1<sup>e</sup> D)*. Paris : Hachette.
- BLAIZOT, M., BOUÉ, H., GAMA, A., GENEVÈS, L., LASCOMBES, G. (1967). *Biologie, terminale C*. Paris : Hachette.
- PICHARD, P., LEROY, C., MERCIER, R., LÉTOLLE, R., MERCIER, J. (1967). *Travaux pratiques de sciences naturelles, première D*. Paris : Colin.
- VINCENT, P. (1967). *Sciences naturelles, classe de première D*. Paris : Vuibert.
- BENARD, J., GALETTI, S., GOHAU, G., GORENFLOT, R., GRIBENSKI, A., ORIA, M. et RAFFIN, J. (1970). *Géologie-Biologie*. Paris : Hatier.
- DÉSIRÉ, C., LAISNÉ, G., MOULIN, J., ROUX, H., VALLIN, J., VILLENEUVE, F. (1972). *Sciences naturelles (terminale C)*. Paris : Bordas.
- THÉRON, A. & VALLIN, J. (1972). *Sciences naturelles, première D, tome 1 : écologie*. Paris : Bordas.
- GRAND, L., MARTIN, J., NOARS, P., TEYSSIER, F., THOMAS, R. (1980). *Biologie, terminale C*. Paris : Nathan.
- JEAN-PROST, P., MEDORI, P. et MOULIN, J. (1980). *La botanique et ses applications agricoles et horticoles, tome II (classe de première et terminale BTA, BTAO et bac D')*. Paris : Baillière.

### 1981-1992

- BOURNÉRIAS, M., CHASSIN, A., DEMOUNEM, R., LEROY, C., PICHARD, D., SCHNEIDER, C. (1982). *Sciences naturelles 1<sup>e</sup> S*. Paris : Hachette.

BRUN-COLTAN, F., DEBRUNE, M.-P., DEBRUNE, M. (1982). *Sciences naturelles seconde*. Paris : Belin.

DECERIER, A., ESCALIER, J., GIRARD, L., MARTIN, J., NOARS, P., TEYSSIER, F., THOMAS, R. (1982). *Biologie-géologie 1<sup>e</sup> S*. Paris : Nathan.

BODEN, J. et J.-P., BOUET, M., DUPUY, M. et Y., MOULIN, J., NOUGIER, P., TREILHOU, C. (1983). *Biologie terminale C*. Paris : Colin.

CLOAREC, J.-N., DARCHIS, A., GAUDIN, B., GRIBENSKI, J., LAMARQUE, J., LAMARQUE, P., LIZEAUX, C., PÉRILLEUX, É., TAVERNIER, R., VIDEAUD, A. (1983). *Biologie terminale D*. Paris : Bordas.

DION, M., ESCALIER, J., FONTANEL, M., GIRARD, L., MARTIN, J., NOARS, P., NOARS, R., TEYSSIER, F., THOMAS, R. (1983). *Biologie Terminale D*. Paris : Nathan.

ESCALIER, J., FONTANEL, M., GIRARD, L., MARTIN, J., NOARS, P., NOARS, R., TEYSSIER, F., THOMAS, R. (1983). *Biologie terminale C*. Paris : Nathan.

ESCALIER, J., FONTANEL, M., GIRARD, L., MARTIN, J., NOARS, P., NOARS, R., TEYSSIER, F., THOMAS, R. (1983). *Biologie Terminale D*. Paris : Nathan.

CLOAREC, J.-N., FAURIE, C., GAUDIN, B., LAMARQUE, J., LIZEAUX, C., PÉRILLEUX, É., TAVERNIER, R., VIDEAUD, A. (1985). *Biologie seconde*. Paris : Bordas.

HERVÉ, J.-C., BILLARD, C., GENERMONT, J., PANELATTI, C., SERRE, C. (1985). *Sciences naturelles seconde*. Paris : Hatier.

MORÈRE, J.-L., GRELON, J., HÉLION, R., LAIZE, D., MARTIN, M.-H., MIQUEL, G., MOREAU, T., MSIHID, B. (1985). *Sciences naturelles seconde, les êtres vivants dans leur milieu*. Paris : Hachette.

DECERIER, A., DION, M., ESCALIER, J., FERRADOUX, J., FONTANEL, M., GIRARD, L., MARTIN, J., MONGEREAU, N., NOARS, R., PATTÉE, E., THOMAS, R. (1987). *Biologie-géologie Seconde, sciences et techniques biologiques et géologiques*. Paris : Nathan.

GODET, G., KERN, B., CHABOT, J.-C., GENSAC, G., LE VOT, B., SEBBAH, M. (1987). *La vie et la Terre classe de seconde*. Paris : Istra.

HERVÉ, J.-C., BILLARD, C., GENERMONT, J., PANELATTI, S., LAMEYNE, S., MAROLLE, E., PARLET, C., SERRE, C., THERRIE, B. (1987). *Sciences et techniques biologiques et géologiques seconde*. Paris : Hatier.

MORÈRE, J.-L., HÉLION, C., HÉLION, R., LAIZE, D., MIQUEL, G., MOREAU, T., MSIHID, B. (1987). *Sciences et techniques biologiques et géologiques seconde*. Paris : Hachette.

BODEN, J.-P., CLOAREC, J.-N., FLOC'H, J.-P., GAUDIN, B., TAVERNIER, R., LAMARQUE, P., LIZEAUX, C., VIDEAUD, A. (1988). *Biologie-géologie 1<sup>e</sup> S*. Paris : Bordas.

DECERIER, A., DION, M., ESCALIER, J., GIRARD, L., MARTIN, J., NOARS, P., NOARS, R., NOUGIER, P., THOMAS, R., VERNET, E. (1988). *Biologie-géologie 1<sup>e</sup> S.* Paris : Nathan.

BEAUX, J.-F., COLLEC, Y., DEMOUNEM, R., GOURLAOUEN, J., LE GALL, F., LEPOUCHARD, J.-M., MAMECIER, A., MENANT, G., MENANT, F., PÉRILLEUX, É., PIAT, B., PICHARD, D. (1989). *Biologie Terminale C.* Paris : Nathan.

BODEN, J.-P., CLOAREC, J.-N., GAUDIN, B., TAVERNIER, R., LAMARQUE, P., LAMARQUE, J., LIZEAUX, C., VAREILLE, A., VAREILLE, M., VIDEAUD, A. (1989). *Biologie Terminale D.* Paris : Bordas.

COLLEC, Y., DEMOUNEM, R., GOURLAOUEN, J., LE GALL, F., LEPOUCHARD, J.-M., MENANT, G., PÉRILLEUX, É., PIAT, B., PICHARD, D. (1989). *Biologie Terminale D.* Paris : Nathan.

DION, M., ESCALIER, J., FERRADOUX, J., GIRARD, L., MARTIN, J., NOARS, R., NOUGIER, P., TEYSSIER, F., THOMAS, R., VERNET, E. (1989). *Biologie Terminale D.* Paris : Nathan.

BEAUX, J.-F., COLLEC, Y., DEMOUNEM, R., GOURLAOUEN, J., LEPOUCHARD, J.-M., MAMECIER, A., MENANT, F., MENANT, G., PÉRILLEUX, É., PIAT, B. (1990). *Biologie géologie seconde.* Paris : Nathan.

DARMEDRU, D., ESCALIER, J., KIMMEL, P., MARTIN, J., NOUGIER, P., RENARD, M., SÉJOURNÉ, C., VADUNTHUN, D., VERNET, E. (1990). *Biologie-géologie seconde.* Paris : Hachette.

### 1993-1997

BEAUX, J.-F. et al. (1993). *Sciences de la vie et de la terre 1<sup>e</sup> S.* Paris : Nathan.

CALAMAND, C., ARRIGHI, J., BENICHO, L., DODEMAN, M., FAURE, Y. & B., GAUTHIER, A., GORENFLOT, O., MONIER, C., MOREAU, T., MSIHID, B., PABA, J.-F., PILOT, A., QUENARDEL, M., ROSSI, S., VEUILLE, D. (1993). *Biologie Géologie Seconde Sciences de la vie et de la terre.* Paris : Hachette.

CALAMAND, C. et al. (1993). *Biologie géologie 1<sup>e</sup> S, Sciences de la Vie et de la Terre.* Paris : Hachette.

FAURE, C., BALAVOINE, H., BLAZY, C., BOUCAUT, B., CECCALDI, C., ROBERT, M., ROUCH, H. (1993). *Sciences de la Vie et de la Terre Seconde.* Paris : Belin.

FAURIE, C., LAMARQUE, J., LAMARQUE, P., LIZEAUX, C., TAVERNIER, R., VAREILLE, A. (1993). *Sciences de la Vie et de la Terre Seconde.* Paris : Bordas.

LE BELLEGARD, M., KERFYSER, J.-P., BILLARD, C., BLOCH, M.C., BURBAN, L., COSTE, M., DAGORNE, C., DESCLOS, S., GLOAGUEN, D., LAINÉ, A., MAISONHAUTE, M., ROSETTO, A.-M., SAINT-GEORGES CHAUMET, F. (1993). *Sciences de la Vie et de la Terre Seconde.* Paris : Hatier.

TAVERNIER, R. & LIZEAUX, C. (1993). *Sciences de la Vie et de la Terre, Première S.* Paris : Bordas.

## GRILLE D'ANALYSE DES MANUELS SCOLAIRES

**Programme BO :**

**Année parution :**

**Référence manuel :**

**Auteurs :**

**Chapitre :**

**pp :**

Remarques sur la présentation	
Type de schématisation : .....	
photographies :	<input type="checkbox"/> oui <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> non</span>
graphiques ou courbes :	<input type="checkbox"/> oui <span style="margin-left: 200px;"><input type="checkbox"/> non</span>

Structure du chapitre					
	oui	non	début	milieu	fin (du chapitre)
Documents :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cours :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Synthèse ou résumé :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problématique :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Expériences :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Données chiffrées :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Variabilité espèce :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Variabilité individu :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Variabilité temporelle :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Approche systémique :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Remarques : .....					

Statut des expériences	
monstrative :	<input type="checkbox"/>
démonstrative :	<input type="checkbox"/>
introductive :	<input type="checkbox"/>
sens commun :	<input type="checkbox"/>
qualitative :	<input type="checkbox"/>
quantitative :	<input type="checkbox"/>
Accumulation :	<input type="checkbox"/>
Autres : .....	

Types d'expériences				
	oui	non		
Évocatives :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
présentées en intégralité :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>Niveau d'organisation :</b>				
Plante entière :	<input type="checkbox"/>			
Organe ou fragment :	<input type="checkbox"/>			
Niveau cellulaire ou infra :	<input type="checkbox"/>			
<b>Description des expériences</b>				
	toujours	souvent	quelquefois	jamais
présence d'un témoin :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
contre-exemple :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Remarques : .....				

