MENAG\_BIOT V**35405** avec conclusions version envoi JC

Reprise de MENAG\_BIOT V**35404** avec conclusion finale reprise JL

Reprise de Version MENAG\_BIOT V**33**\_rev JL AM IF ajout Claire .docx

Reprise de MENAG\_BIOT V**34** vers conclusion.docx

Reprise de MENAG\_BIOT V**35400 avec** conclusion – de SM.docx

Version du 11/12/2019

Imprimé le 11/12/2019

De l’enseignement ménager aux sections biotechnologiques :   
Les formations de laboratoire en Lycées technologiques

Quoi qu’elle mérite, dans le détail, d’être nuancée et approfondie, la filiation entre enseignement ménager et sections biotechnologiques renvoie à une histoire de formations techniques liée au développement des applications et enjeux sociétaux de la biologie. Jusqu’à la fin de la seconde guerre mondiale, ces applications peuvent être qualifiées de confidentielles en raison de leur peu d’impact sociétal et de la faible demande. Ces applications étaient réalisées sous forme d’un nombre limité d’« analyses médicales » par un quelques médecins, pharmaciens et scientifiques assistés de quelques personnels voués aux seules tâches subalternes. Tel ne sera plus le cas à partir de la Libération avec le début de l’explosion à la fois de la demande et du développement des connaissances et des techniques. Il s’en est suivi un besoin en personnel nécessaire pour la réalisation d’analyses toujours plus nombreuses et plus sophistiquées. Ainsi se mit en place une sorte de course poursuite entre découvertes scientifiques et inventions techniques dans laquelle les industriels prirent une place croissante. Ces découvertes et inventions conduisirent à la connaissance précise puis à la maitrise de deux types de biomolécules qui jusque-là réservaient bien des mystères, l’ADN et les protéines. Douzou, Durand et Siclet[[1]](#footnote-1) (2001) précisent qu’à partir des années 1970, les « biotechnologies[[2]](#footnote-2) » sont de « nouvelle génération » en raison « des progrès fulgurants réalisés dans la connaissance du métabolisme des cellules vivantes, dans la maîtrise naissante assurée par les progrès de la génétique, de leur manipulation et leur économie » (ibid, p. 6). Les formations techniques et professionnelles ont dû être adaptées en conséquence tant au niveau de la mise en œuvre de nouvelles techniques (formation laboratoire) que de la nouvelle information à fournir au corps social (enseignement social). Ainsi, depuis des origines à situer dans l’après-guerre, en est-on arrivé à la situation actuelle : celle des formations données en lycées technologiques[[3]](#footnote-3) et en IUT[[4]](#footnote-4). Elles concerneront, ici, celles de laboratoire en lycées technologiques, actuellement les baccalauréats Sciences et Technologies de Laboratoire spécialité Biotechnologies (STL Biotechnologies), divers Brevets de techniciens supérieurs (BTS[[5]](#footnote-5)) et Diplômes de techniciens supérieurs (DTS[[6]](#footnote-6)) ainsi que les Classes Préparatoires aux Grandes Écoles Technologie et Biologie (CPGE TB).La situation en ce qui concerne les IUT ne sera que sommairement évoquée.Il en sera de mêmepour d’autres formations, celles hospitalières (DETAB[[7]](#footnote-7)) et industrielles. Une étude plus approfondie les concernant reste à réaliser. La situation pour les Sciences et Technologies de la santé et du social (ST2S) est un peu différente dans la mesure où un grand nombre de professeurs de la discipline assurent un enseignement qui sert de support théorique dans ces sections.

C’est donc principalement une sorte d’archéologie de la mise en œuvre technicienne ou technique ? et de l’exploitation des applications sociétales de la biologie qui sera présentée ici. Celle-ci s’appuie sur le croisement d’approches historiques.

D’abord, l’histoire politique en ce qui concerne les origines… celle de la période après la seconde guerre mondiale, celle de la Libération, celle où tout était à repenser, à reconstruire du point de vue matériel, scientifique et social.

L’histoire des sciences et des techniques avec les progrès issus de nouvelles techniques développées durant la seconde guerre mondiale. C’est le moment :

* de la remise en route et de la création de nouveaux laboratoires médicaux privés et de recherche au sein de nouveaux instituts centrés sur de nouvelles thématiques telle la « biologie moléculaire »[[8]](#footnote-8) ;
* de former du personnel qualifié par transformation, pour partie, d’une formation existante, celle de l’enseignement ménager. Les industriels progressivement entreront dans le jeu et joueront un rôle de plus en plus important dans l’innovation technique et, par voie de conséquence, dans la succession des découvertes et de la mise en œuvre de leurs applications.

L’histoire sociale avec l’évolution de la société dans deux registres. D’abord le développement grâce à des analyses médicales et biologiques de plus en plus rapides et informatives de la garantie d’une protection dans les domaines de la santé puis de l’environnement, d’où une demande en provenance de la société dont le législateur n’a pu que se faire l’écho. Ensuite, du fait de la modification de la condition féminine, avec, d’un côté, le développement du métier de « laborantine » et de l’autre, malgré le déclin progressif de l’enseignement ménager, sa transformation en « enseignement social et familial ».

L’histoire de l’enseignement technique plus particulièrement féminin est le parent pauvre des recherches et de l’histoire de l’éducation. En fait, l’étude présentée est une contribution à l’histoire des disciplines scolaires et à celle d’un enseignement méconnu, institué et organisé à partir d’une transformation de l’enseignement ménager, alors moribond, et alors divisé en des deux branches : les formations de laboratoire et les formations sociales. Chacune de ces branches a eu son évolution propre, mais a été soumise à une même évolution du cadre institutionnel, à savoir les réformes de 1971[[9]](#footnote-9) et celle de 1985[[10]](#footnote-10) visant à un enseignement plus généraliste avec l’abandon de la finalité professionnelle.

Enfin, et il s’agit peut-être de l’aspect le plus important, il s’agit de l’histoire de la biologie, des conséquences de son évolution elle-même. La période historique envisagée ici est celle postérieure à la fin de la seconde guerre mondiale, celle d’une sorte d’« explosion » des connaissances et de leurs applications médicales et sanitaires. Il faut prendre conscience que cette explosion ne s’est produite que parce qu’une mèche avait été mise en place depuis la fin du XIXème siècle : le réductionnisme physicochimique qui, progressivement amena la biologie à opérer une révolution vers une nouvelle approche expérimentale.

Le rapprochement entre enseignement ménager et sections Biotechnologies renvoie donc ici à deux réponses institutionnelles historiquement datées, l’une initiale, l’autre contemporaine. Elles répondent à un besoin de formation en réponse à une nouvelle demande sociale de sécurité qui, désormais, passe par des analyses biologiques et biomédicales diversifiées. Pour les effectuer, un personnel technique de plus en plus spécialisé est donc devenu nécessaire. C’est en fait la montée en puissance des techniques de biologie, celle de leurs diversités, de leurs disponibilités, de leurs performances et de leur informativité qui fonde cette réponse institutionnelle. C’est pourquoi, dans un premier temps, nous analyserons cette montée en puissance des techniques depuis ses origines, la fin de la seconde guerre mondiale jusqu’à la période contemporaine, celle des biotechnologies.

Cette analyse montre que la diversification de ces techniques a conduit à des conditions précises et diversifiées de mise en œuvre. Il importe alors de les mettre en évidence et ainsi d’expliciter un certain nombre de termes passés dans le vocabulaire usuel. Ainsi il sera possible de cerner les contraintes liées à leur adaptation à la nécessaire formation de personnels techniques.

Auront alors été rassemblés les éléments permettant d’aborder les différentes étapes de la réponse institutionnelle qui a été successivement donnée à ce besoin émergent de formation : une prise en main et uniformisation de formations préexistantes ainsi que la création de nouvelles formations, ensuite une formation à visée principalement professionnelle puis, après la loi d’orientation de 1985, une formation à finalité de formation généraliste.

On essaiera également, chemin faisant, de dégager quelques pistes pour l’avenir compte tenu des dernières évolutions car si au niveau recherche la biologie a dû faire une sorte de révolution culturelle vers une biologie plus technique, c’est-à-dire vers les biotechnologies, une telle révolution est, semble-t-il, en train de se mettre en place au niveau de son enseignement dans le secondaire. Quid de l’avenir des sections biotechnologiques ?

De l’enseignement ménager aux sections biotechnologiques :   
Les formations de laboratoire en Lycées technologiques

PLAN

[1 – A partir de la fin de la seconde guerre mondiale, la biologie devient technique 6](#_Toc26956114)

[1 1 – L’influence de la seconde guerre mondiale 6](#_Toc26956115)

[1 1 1 – Dans le domaine de la biologie 7](#_Toc26956116)

[1 1 2 - Dans d’autres domaines 8](#_Toc26956117)

[A – Le Transistor et l’électronique 8](#_Toc26956118)

[B – La radioactivité 8](#_Toc26956119)

[C – Les calculateurs électroniques, les automatismes et l’informatique 8](#_Toc26956120)

[D – L’apport de la pétrochimie, de la chimie, de l’industrie du verre et d’autres matériaux 8](#_Toc26956121)

[1 2 –Des hybridations en tous genres : quelques exemples 9](#_Toc26956122)

[1 2 1 –Une nouvelle discipline : la Biochimie 9](#_Toc26956123)

[1 2 2 – La (renaissance de) la biologie moléculaire 9](#_Toc26956124)

[1 2 3 – Les biotechnologies et la génomique 10](#_Toc26956125)

[1 2 4 – Physique et appareillage 10](#_Toc26956126)

[1 3 – Des techniques aux technologies 11](#_Toc26956127)

[1 3 1 – Le temps des techniques simples (1945 - env 1975) 11](#_Toc26956128)

[A - Ancienneté et simplicité 11](#_Toc26956129)

[B – Après-guerre, de nouvelles techniques simples 12](#_Toc26956130)

[1 – Les premières chromatographies 12](#_Toc26956131)

[2 –Les débuts de l‘ électrophorèse sur support 12](#_Toc26956132)

[3 – L’apparition de l’électrocolorimétrie 13](#_Toc26956133)

[4 – Techniques liées à la réalisation d’antibiogramme et au dosage d’antibiotiques 14](#_Toc26956134)

[C – Un travail technicien artisanal 14](#_Toc26956135)

[1 3 2 – Le temps des technologies : automatisation, électronique et informatique 14](#_Toc26956136)

[A- – D’abord l’évolution du spectrophotomètre en automate 15](#_Toc26956137)

[B – Des automates et robots analytiques pour toutes les activités de laboratoire 15](#_Toc26956138)

[1 – Les premiers automates : deux systèmes aux destinées différentes 15](#_Toc26956139)

[2 - De nouveaux principes de mesure finale 16](#_Toc26956140)

[3 – Utilisation de nouvelles techniques 17](#_Toc26956141)

[4 – A la fin du XXème siècle, des robots analytiques … 18](#_Toc26956142)

[C – Un autre type de travail technicien 18](#_Toc26956143)

[1 4 –Une demande et, désormais, une interrogation sociétale 19](#_Toc26956144)

[1 4 1 – Sécurité et analyses … 19](#_Toc26956145)

[1 4 2 – Biotechnologies : désormais, modifier le vivant 21](#_Toc26956146)

[2 – Une différenciation croissante des contextes de mises en œuvre 22](#_Toc26956147)

[2 1 – Divers types d’objet d’étude et divers objectifs de mise en œuvre 22](#_Toc26956148)

[2 2 –Notion de cycle de vie d’une technique 23](#_Toc26956149)

[2 3 - - Recherche / développement / production 23](#_Toc26956150)

[2 4 –Contexte professionnel et contexte de formation 23](#_Toc26956151)

[3 – Une réponse institutionnelle et pédagogique 25](#_Toc26956152)

[3 1 – Vers l’institutionnalisation 25](#_Toc26956153)

[3 1 1 – L’état antérieur : des formations non officielles 25](#_Toc26956154)

[3 1 2 – Un temps de mise en place (1954 – 1959) 26](#_Toc26956155)

[A – La « structuration » de l’enseignement technique 26](#_Toc26956156)

[B – De nouvelles formations 27](#_Toc26956157)

[3 2 – L’institutionnalisation : de nouvelles formations d’enseignants (1959 – 1963) 28](#_Toc26956158)

[3 3 – D’abord, rien que la profession … (1963 – 1992) 28](#_Toc26956159)

[3 3 1 – La poursuite de création de formations d’abord adaptées aux besoins professionnels 29](#_Toc26956160)

[A - L’accès au baccalauréat 29](#_Toc26956161)

[B – Ouverture des CPGE 30](#_Toc26956162)

[C – L’ouverture la production industrielle : des formations de plus en plus spécialisées 30](#_Toc26956163)

[3 3 2 –La mise en œuvre des formations : locaux spécifiques et formateurs pionniers 30](#_Toc26956164)

[A – De nouveaux établissements 31](#_Toc26956165)

[B – Un nouveau type de locaux : aménagement et fonctionnement 32](#_Toc26956166)

[1 – La création de locaux adaptés : les laboratoires et halls techniques 32](#_Toc26956167)

[2 – Le fonctionnement des laboratoires 32](#_Toc26956168)

[C – Des formateurs devenus opérationnels 33](#_Toc26956169)

[1 – Une période pionnière (1963 – 1977) 33](#_Toc26956170)

[2 – L’accès aux écoles d’ingénieurs (1977 à 1984) 35](#_Toc26956171)

[3 – Un renouveau pédagogique au niveau des BTS (1984 – 1992) 35](#_Toc26956172)

[a – Les nouveaux BTS industriels 36](#_Toc26956173)

[a1 – BTS Biotechnologie 36](#_Toc26956174)

[a2 – BTS Métiers de l’eau 36](#_Toc26956175)

[a3 – BTS Qualité dans les industries alimentaires et bioindustries 37](#_Toc26956176)

[b – Le Brevet de Technicien Supérieur Analyses biologiques, pionnier d’une évolution pédagogique 37](#_Toc26956177)

[3 4 – Une formation désormais généraliste (1992 – 2018) 38](#_Toc26956178)

[3 4 1 – Un nouveau cadre institutionnel 39](#_Toc26956179)

[A – Une loi particulièrement innovante 39](#_Toc26956180)

[B - Les compétences et les concepts associés 39](#_Toc26956181)

[C – Le passage institutionnel du technique au technologique 40](#_Toc26956182)

[3 4 2 – La mise en œuvre entre continuité et discontinuité 40](#_Toc26956183)

[A – Une mise en œuvre institutionnelle 41](#_Toc26956184)

[1 – De nouvelles conditions pour la rénovation des programmes 41](#_Toc26956185)

[2 – Une mise en œuvre en plusieurs étapes 41](#_Toc26956186)

[a – Le baccalauréat Sciences et Technique de Laboratoire option Biochimie – Génie biologique (STL BGB - 1992) 42](#_Toc26956187)

[a1 – La présentation générale du baccalauréat STL BGB 42](#_Toc26956188)

[a2 – Le programme des enseignements technologiques 42](#_Toc26956189)

[a3 – Les modalités d’examen 43](#_Toc26956190)

[b – Le baccalauréat Sciences et Technique de Laboratoire option Biotechnologies (STL Biotechnologies) (2010) 43](#_Toc26956191)

[B –Un enseignement généraliste : diverses modalités 44](#_Toc26956192)

[1 – Des compléments de formation et de nouveaux items de formation 44](#_Toc26956193)

[a – Mesure et instrumentation 44](#_Toc26956194)

[b – Qualité 45](#_Toc26956195)

[c – Sécurité 45](#_Toc26956196)

[C – Une didactique revue 45](#_Toc26956197)

[D – Contrôle et validation de la formation 46](#_Toc26956198)

[1 – Une organisation des examens à revoir 46](#_Toc26956199)

[2 – Une nouvelle organisation du contrôle et de la validation 47](#_Toc26956200)

[21 – Projet, mémoire et oral 47](#_Toc26956201)

[22 – L’examen terminal et l’introduction du contrôle en cours de formation (CCF) 47](#_Toc26956202)

I

# 1 – A partir de la fin de la seconde guerre mondiale, la biologie devient technique

La biologie a été reconnue comme discipline phare depuis la seconde moitié du XXème siècle. A l’origine de cette affirmation, se trouvent des travaux réalisés pendant et immédiatement après la seconde guerre mondiale. Ils ont conduit à d’importantes découvertes qui ont eu, à plus ou moins long terme, une influence considérable sur notre vie quotidienne et qui sont à l’origine des biotechnologies. Trois de ces travaux peuvent, de manière schématique, être cités : la *(re)découverte et la production des antibiotiques*, la *détermination des structures des protéines* et la *« proposition de structure » de l’ADN*. Chacune d’entre elles est porteuse d’une part d’anticipation de ce que seront les biotechnologies : la première par la mise en place d’une production à l’échelle industrielle qui se voulait contrôlée et les deux autres, par la place primordiale de l’aspect technique dans l’élaboration de connaissances nouvelles sur les protéines et sur l’ADN, même si, dans ce domaine, le rôle éminent de Rosalind Franklin[[11]](#footnote-11) a mis du temps à être reconnu.

Ce sont cependant les travaux sur la structure primaire des protéines qui, pour notre propos, doivent être soulignés dans la mesure où ils ont eu un rôle de déclencheur de tous les travaux et connaissances ultérieurs. C’est donc l’influence des travaux scientifiques et des avancées techniques durant la seconde guerre mondiale qu’il faut d’abord rapidement évoquer.

L’après-guerre, du fait des diverses facettes de la reconstruction, aura donné lieu à divers types d’échanges : parmi ceux-ci, il faut retenir des échanges intellectuels entre Etats-Unis et Europe conduisant à des hybridations concernant tant les disciplines biologiques que des techniques ou objets techniques nouveaux, ceux-ci souvent initialement hors du domaine biologique.

Dans ce contexte d’influence réciproque, connaissances et techniques vont donc s’influencer mutuellement et amener, avec l’importance prise par l’appareillage, à une certaine sophistication expérimentale qui fera perdre aux techniques leur caractère artisanal. Ceci s’exprimera, dans les années 1980, par le terme de technologies. C’est là le maître mot qui sera repris depuis les années 1980, même au niveau pédagogique, dans les termes biotechnologie puis biotechnologies.

Enfin, et surtout, depuis la fin de la seconde guerre mondiale, à travers ses progrès techniques, la biologie s’est développée dans un contexte sociétal : elle s’est imposée à nous, dans notre vie courante présence visible ou invisible, de manière consciente ou inconsciente et nous en avons toujours demandé plus. Tel est encore le cas avec les biotechnologies, sauf que, d’après les médias, le public parait désormais partagé entre espoirs et craintes.

## 1 1 – L’influence de la seconde guerre mondiale

Malgré les horreurs à laquelle elle a donné lieu, la seconde guerre mondiale aura conduit, le plus souvent dans le cadre de « l’effort de guerre », à des inventions et à l’élaboration d’un certain nombre de connaissances ainsi que, et peut-être même surtout, d’objets et de savoir-faire techniques. Ce n’est qu’au bout d’un certain temps que l’influence des uns et des autres s’exercera pleinement, ceci dans de nombreux domaines relevant ou non de la biologie. Si la biologie n’a pas été seule à en bénéficier, c’est sans doute elle qui, à terme, en profitera le plus par la mise au point d’appareillages de plus en plus sophistiqués qui s’avéreront indispensables à toute recherche et à toute analyse.

Seuls certains travaux scientifiques ont pu être menés pendant la seconde guerre mondiale : ceux reconnus comme participant à l’« effort de guerre », et ceux bénéficiant d’un financement privé hors USA. Leur influence ne sera pas immédiate mais s’avèrera déterminante à long terme suite à l’engagement du monde industriel qui y verra une source de profit.

En ce qui nous concerne, si certains de ces travaux relèvent de la biologie, d’autres, et non des moindres, relèvent, à la base, des sciences chimiques et physiques.

### 1 1 1 – Dans le domaine de la biologie

Ce sont les effets des travaux liés à l’« effort de guerre » américain qui sont les mieux connus, peut-être dans la mesure où les Américains ont su faire un maximum de publicité et nous ont amené à en utiliser les effets. Il est certain que la recherche scientifique nazie s’est avérée également très efficace et que si les alliés n’avaient pas pris des mesures drastiques pour stopper les recherches sur l’arme atomique et, dans les années 1943-1944, arrêter la production des armes dont Hitler attendait beaucoup pour redresser la situation du Reich, la guerre ne se serait peut-être pas terminée comme elle l’a été.

Principaux travaux scientifiques durant la seconde guerre mondiale

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Travaux | Thème | Conséquences |
| FLOREY Pénicilline 1941 (suite à sa « découverte » par Alexandre FLEMING en 1928) | « The Miracle Cure » : la pénicilline et les autres antibiotiques, Il s’agit là de l’ouverture d’un champ d’activités qui insuffla un nouvel élan à la microbiologie et qui, par là même, n’est pas sans rapport avec la création de la biologie technique. | Recherche et production  Autres antibiotiques  Développement industrie pharmaceutique |
| BEADLE et TATUM[[12]](#footnote-12) 1940 - | Travaux sur *Neurospora crassa*; mise en évidence de mutants auxotrophes vis-à-vis des acides aminés ; intérêt scientifique et militaire (dosage biologique des acides aminés) | « Un gène - un enzyme » Concept de biologie moléculaire opératoire pendant un certain temps  Travaux qui associèrent, pour la première fois, deux disciplines – biochimie et génétique. Future biologie moléculaire |
| AVERY, MAC LEOD et MC CARTHY (1944) | Travaux sur le « principe transformant » lors de la transformation bactérienne : l’ADN comme support de l’information génétique. | l'ensemble des biologistes n’est cependant pas convaincu |
| Thèse de Jacques MONOD (1910 – 1976) soutenue en 19413; travaux effectués, à l’Institut PASTEUR, en pleine guerre. | - description des diverses phases de la croissance bactérienne  - constance du rendement en phase exponentielle de croissance  - équation qui sera dite plus tard « **de MONOD[[13]](#footnote-13)** »  - le phénomène de **diauxie** | analyse quantitative associée à l’emploi de milieux standardisés |

Titre du tableau ??

Dans le tableau 1, ne figurent pas les travaux de MARTIN et SYNGE car ils doivent faire l’objet d’un traitement spécial : ces chercheurs mirent au point la ***chromatographie sur papier*** qui, avec des techniques ultérieures, conduisit à la résolution, de manière satisfaisante, de mélanges d’acides aminés issus d’hydrolysats de protéines et de séparer de petits peptides issus d’hydrolyse protéique[[14]](#footnote-14) lors de la détermination de la séquence des acides aminés des deux chaînes de l’insuline. Cette mise au point commença à ouvrir , à partir de ce moment, l’important champ de recherche sur les protéines.

### 1 1 2 - Dans d’autres domaines

C’est le domaine de la physique, avec d’abord le radar et la radioactivité[[15]](#footnote-15), qui, indirectement aura été le plus grand contributeur immédiat au développement de la biologie. Plus tard viendront le transistor, pour l’appareillage, et la chimie des polymères pour, entre autres, les consommables.

#### A – Le Transistor et l’électronique

Découvert en 1947, la production industrielle du transistor débuta au début des années 1950. Assemblé, avec d'autres composants, au sein de circuits intégrés, le transistor remplace les lampes. Ainsi intégré en grand nombre sur des cartes électroniques, il renouvelle la conception des appareils de laboratoire et offre la possibilité d’utilisation en recherche et en routine de calculateurs et surtout d’appareils électriques moins encombrants, moins gourmands en énergie, moins chers et plus performants ; puis dans les années 1980, la possibilité de connexion à une imprimante et à un réseau informatique.

#### B – La radioactivité

La première pile atomique, mise au point par Enrico FERMI (1901- 1954), divergea le 2 décembre 1942 à Chicago[[16]](#footnote-16). A partir de telles piles atomiques commencèrent à être obtenus les isotopes radioactifs utilisés en médecine thérapeutique (127I en radiothérapie), et en recherche (3H, 32P pour le marquage des protéines et de l’ADN puis 35S pour le marquage de l’ADN).

#### C – Les calculateurs électroniques, les automatismes et l’informatique

L’exemple le plus emblématique est celui du développement du radar qui évita l’invasion de l’Angleterre entre 1940 et 1941. Les calculateurs[[17]](#footnote-17) améliorés dans ce cadre de l’effort de guerre, purent être utilisés, à plus long terme, pour des calculs scientifiques comme ceux nécessités par l’analyse des taches obtenues par diffraction des rayons X par les cristaux de protéines et d'ADN. Cette contribution sera importante dans l’analyse des taches de diffraction aux rayons obtenues par Rosalind FRANKLIN et qui permirent, dans des conditions particulières, à CRICK et WATSON en 1953 de proposer leur modèle de la molécule d’ADN.

Les progrès en micro-mécanique (moteurs pas à pas) et les début de l’informatique permirent ultérieurement de réaliser des systèmes automatisés (voir plus loin)

#### D – L’apport de la pétrochimie, de la chimie, de l’industrie du verre et d’autres matériaux

Outre le fluro-dinitro-benzène FDNB[[18]](#footnote-18) utilisé par Frederick SANGER (1918-2013)[[19]](#footnote-19), l’industrie chimique développa dans le cadre de l’effort de guerre des résines échangeuses d’ions, un matériau utilisé par STEIN et MOORE[[20]](#footnote-20) dès 1949 pour la séparation des acides aminés. Il faut encore citer l’évolution de la verrerie de laboratoire (développement du verre boro-silicaté de marque PYREX) et l’émergence, après 1965 (en Europe et aux USA), de l'utilisation et des marchés de plastiques issus de l’industrie pétrochimique : c’est le début du recul de la verrerie de laboratoire et le commencement de l’introduction des "consommables" de toutes sortes.

## 1 2 –Des hybridations en tous genres : quelques exemples

Du point de vue de l’épistémologie et de l’histoire des techniques, le grand apport de l’après-guerre est caractérisé par des hybridations entre domaines disciplinaires, entre techniques et entre connaissances et techniques. Ces hybridations mériteraient une attention particulière dans la mesure où elles ont permis d’envisager, enfin pourrait-on dire, de manière positive, c’est-à-dire de manière expérimentale, des hypothèses précédemment envisagées uniquement d’un point de vue programmatique. Elles sont à la base de la constitution du substrat technique d’une biologie désormais devenue technique en tant qu’ensemble de méthodes qui vont s’imposer parce que de plus grande valeur heuristique.

Ce sont les chimistes qui les premiers, dès le développement de leur discipline au début du XIXe siècle, cherchèrent à étendre leur territoire et à appliquer leur concept au vivant. Les biologistes, souvent imprégnés de vitalisme, restèrent longtemps allergiques au réductionnisme physicochimique : ce sont des chimistes des médecins qui s’intéressèrent à cette approche. Telle était encore la situation avant la seconde guerre mondiale. Les choses changèrent lorsque de nouveaux outils efficaces apparurent ,les outils issus de la seconde guerre mondiale.

Ainsi dans l’immédiat après-guerre, avec le succès du séquençage des protéines fut définitivement tranchée la controverse concernant la structure des protéines. Il s’en suivit la naissance de la chimie biologique dénommée ensuite, biochimie. Un pas décisif est alors franchi. Tout ce qui suivra ne sera que conséquences de cette avancée initiale.

Il ne saurait être question de faire ici une étude exhaustive de ces hybridations. On se contentera donc de donner quelques exemples paraissant significatifs concernant les connaissances et les techniques.

### 1 2 1 –Une nouvelle discipline : la Biochimie

Avant-guerre et même au début de la période qui nous intéresse, seul existait, au moins en France, le terme de « chimie biologique », dénomination uniquement employée dans le milieu médical : témoin sa présence en tant que telle dans le premier programme du Brevet de technicien supérieur analyses biologiques (programme valable de 1954 à 1963). Ce n’est qu’avec les succès rencontrés par les équipes de chimistes, après-guerre, dans le domaine de la biologie et la création d’instituts et de groupes de recherches dans ce nouveau domaine qu’émergera cette discipline hybride qu’est la biochimie[[21]](#footnote-21). Elle est devenue une discipline scientifique universitaire, désormais incontournable dans toute recherche et étude de biologie (et même de chimie…).

Le passage de la chimie biologique à la biochimie, confère à cette discipline un certain caractère d’autonomie du fait de la perte de son caractère de subordination à la chimie : elle pourra désormais avoir un statut autonome[[22]](#footnote-22), tout en affirmant, dans sa dénomination même, ses liens avec la chimie et la biologie. Devant les nouvelles connaissances concernant les protéines, les concepts, la méthodologie et les techniques biochimiques deviennent omniprésentes dans les recherches dans toutes les disciplines, y compris médicales : microbiologie, hématologie, immunologie, …

### 1 2 2 – La (renaissance de) la biologie moléculaire

Dès la fin des années 1930, avec la reconnaissance du caractère « monodisperse[[23]](#footnote-23) » des protéines par SVEDBERG et TISELIUS, il devint possible d’envisager un fonctionnement du vivant au niveau moléculaire : il s’agissait d’une première biologie moléculaire. Cette vision resta longtemps programmatique dans la mesure où on ne disposait pas d’outils pour la valider expérimentalement. Il faut dire que, si l’on savait que ces protéines étaient constituées d’acides aminés, on ne disposait, jusqu’au début de l’après-guerre, d’aucun argument expérimental probant pour trancher entre diverses hypothèses sur les modalités de leur enchaînement. Comme indiqué précédemment, ce problème fut résolu au début des années 1950 lors de la détermination de la structure primaire de l’insuline ceci validant l’existence de liaisons peptidiques entre les acides aminés.

C’est d’une autre direction que ressurgit dès la fin des années 1960 cette biologie moléculaire, mais ceci avec une orientation différente. Elle a pour origine la thèse de Jacques MONOD sur la diauxie, précédemment citée, la publication en 1953, par CRICK et WATSON de leur « proposition d’une structure en double hélice de l’ADN », des travaux de virologie sur les phages effectués par des transfuges de la physique et, pour certains, un ouvrage d’Erwin SCHOEDINGER « Qu’est-ce que la vie ? » : la question était plus en rapport avec les connaissances de l’époque. On avait désormais la certitude que c’était l’ADN qui était porteur de l’information génétique[[24]](#footnote-24) et désormais la question de la nouvelle discipline qui s’y intéressait et qui était, désormais, dénommée biologie moléculaire, portait sur les modalités de l’expression de cette information génétique. Les recherches associaient génétique bactérienne, virologie et biochimie. Ces travaux conduiront au génie génétique, aux biotechnologies et à la génomique.

### 1 2 3 – Les biotechnologies et la génomique

Initialement le terme « biotechnologies » est apparu vers 1980 en rapport avec les possibilités industrielles ouvertes par le génie génétique : il s’agissait de « l’utilisation de matériel biologique pour la production de biens et de services ». Ceci impliquait l’intervention de la biologie moléculaire et des sciences de l’ingénieur, à savoir génie des procédés et informatique. Ainsi se constituent, sous les vocables de génie génétique, génie enzymatique et génie fermentaire, un ensemble d’hybrides entre génie des procédés (chimie industrielle), biologie moléculaire, enzymologie, microbiologie dont il faudra tenir compte, le moment venu, au niveau des formations.

Avec le développement et la banalisation du séquençage de l’ADN humain, est apparue la génomique, hybride de biologie moléculaire, de génétique et, à ne pas oublier, d’informatique, puis, en tant qu’applications ciblées, la post-génomique, la protéomique… Mais les hybridations les plus importantes restent peut-être à venir…

En fait, je me pose la question de cette histoire des sciences. Quelles sont les sources que vous utilisez ? Quels sont les auteurs que vous convoquez dans cette reconstruction historique ? Sont-ce uniquement vos souvenirs ? ou bien une compilation de textes historiques ? Comment faites-vous cette histoire ?

### 1 2 4 – Physique et appareillage

Il a déjà été fait mention plus haut de l’importance prise par des objets relevant de la physique : ce thème sera repris dans ce qui suit. Cette possibilité d’ordre matériel sera également exploitée dans la mise en œuvre de nouvelles méthodes physiques augmentant le champ non seulement de la recherche au niveau moléculaire mais également, en routine avec l’imagerie médicale, au niveau d’applications cliniques.

Ces hybridations, ces brassages, initiés à la fin de la seconde guerre mondiale, auront été d’une fécondité extraordinaire. Leur origine est liée aux conditions exceptionnelles de l’après-guerre : la nécessité d’une reconstruction, et à travers cela, celle de la remise à niveau des équipements scientifiques, de la création d’instituts et de laboratoire avec de nouvelles thématiques. Celles-ci sont issues d’échanges intellectuels et de rencontres entre scientifiques[[25]](#footnote-25) d’un côté et de l’autre de l’Atlantique, ceci, par exemple, dans le cadre du plan Marshall.

Si elles ont été envisagées ici au niveau des connaissances, c’est au niveau des techniques, bien que l’étude soit plus difficile dans le détail et qu’elles soient bien moins documentées, que ces hybridations auront été le plus fécondes : ce sont ces techniques hybrides nécessitant un appareillage lui aussi hybride parce que devant intégrer la nouveauté technique, qui, *in fine*, auront permis l’élaboration de connaissances, à leur tour, nouvelles. Celles-ci ont alors ouvert la voie à de nouvelles problématiques[[26]](#footnote-26), et inciteront le monde industriel à mettre au point de nouveaux appareillages, et ainsi de suite .,.

## 1 3 – Des techniques aux technologies

Certaines des avancées techniques n’ont pas eu d’effet immédiat dans l’après-guerre, à terme, celles en particulier concernant la physique, s’avèreront déterminantes à travers l’amélioration de l’appareillage que ce soit pour la biologie ou pour d’autres disciplines.

Ainsi, pendant un certain temps, les techniques de biologie vont plus ou moins rester ce qu’elles étaient avant-guerre : c’est ce que nous appellerons ici le ***temps des techniques***, en fait des ***techniques simples***, schématiquement telles qu’elles pouvaient exister avant-guerre.

Peu à peu, et du fait de l’ouverture de nouveaux champs de recherches[[27]](#footnote-27), et en particulier sous l’influence des industriels et de certains scientifiques, de nouvelles techniques se sont développées. Elles sont basées sur de nouveaux principes susceptibles désormais d’être mis en œuvre expérimentalement (enzymologie, par exemple) et sur des appareillages de laboratoire adaptés (spectrophotomètres de routine UV, par exemple). C’est ce que nous appellerons le ***temps des technologies***, temps représentant la grande innovation conduisant aux temps actuels, celui des automates de tous types et aux robots:

### 1 3 1 – Le temps des techniques simples (1945 - env 1975)

Avant la seconde guerre mondiale, et même au début de la période qui nous intéresse, l’essentiel des travaux de laboratoire, expériences et analyses, faisait appel à des techniques simples.

Par ce terme on désigne l’ensemble d’opérations de routine basées sur des méthodes chimiques ou physiques simples mettant en jeu la verrerie courante du laboratoire de chimie ou bien d’autres ustensiles en verre d’un usage spécifique. Dans le cas d’un dosage, l’échantillon (quelques mL) est ajouté (pipette jaugée) comme les réactifs (pipettes graduées). La lecture du résultat s’effectue à l’œil nu soit dans le cas d’un changement de couleur au sein du vase de réaction (ajout de réactif titrant à la burette), soit à l’aide d’un appareillage simple, soit après séchage par une balance (méthode gravimétrique), soit au microscope (identification, comptage), soit, après développement de la coloration, au colorimètre (méthode colorimétrique).

#### A - Ancienneté et simplicité

Les techniques d’identification, de séparation et de dosage commencèrent à être mises au point à partir du milieu du XIXe siècle. Elles étaient basées sur des méthodes microscopiques, gravimétriques et titrimétriques. Elles furent utilisées en recherche jusque dans les années 1930. Le travail de routine, quantitativement peu important, se limitait, à ce moment, à des observations microscopiques et visuelles, en routine professionnelle, elles seront largement utilisées jusqu’environ 1975, comme en témoignent les programmes de l’époque. On se contentera ici d’envisager un certain nombre de techniques de routine d’analyses médicales que l’on qualifiera, en plus de « simples » voire d’anciennes[[28]](#footnote-28).

Exemples de techniques de routine

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Domaine | Objectif | Méthode | Technique | Lecture finale |
| Chimie biologique | Détermination de la glycémie | Méthode réductimétrique | BAUDOUIN-LEWIN, HAGEDORN et JENSEN | visuelle  (virage d’un indicateur) |
|  |  | méthode furfuralique | Technique de Hultman | Colorimétrie |
|  | Identification des glucides |  | Osazones | Microscope |
|  |  | Chromatographie sur couche mince  (gel de silice) |  | Visuelle  (observation de la position de taches (spots)) |
|  | Dosage du sodium et du potassium | Photométrie de flamme |  | photomètre |
| Microbiologie | Sélection de souches | Isolement sur gélose | stries | visuelle |
|  | Identification bactérienne | Coloration | Gram | Microscope |
|  |  | Caractères biochimiques | Réactions colorées | visuelle |
|  | Numération bactérienne | Dilutions successives | Sur gélose | visuelle |
| Hématologie | Numération cellulaire | Pipette de Potain | Cellule de Malassez | Microscope |
| Histologie | Coloration de coupes histologiques | Inclusion paraffine et microtome | Hémalun- éosine - safran | Microscope |

#### B – Après-guerre, de nouvelles techniques simples

Aux techniques anciennes précédemment citées, vont progressivement s’ajouter en routine professionnelle (et dans les premières formations, voir plus loin) un certain nombre de nouvelles techniques simples de chimie biologique. Ces techniques se substitueront aux techniques anciennes et elles font partie néanmoins d’une sorte de préhistoire de ce qui sera appelé plus loin technologie.

##### 1 – Les premières chromatographies

Au niveau recherche, la chromatographie par adsorption sur colonne était connue et utilisée avant la seconde guerre mondiale[[29]](#footnote-29), elle n’était appliquée qu’à des substances organiques. Ceci ne l’empêcha pas de figurer au programme du BEI sections Aides-biochimistes de 1957. Elle disparut des programmes des formations qui lui succédèrent.

Les premières versions des méthodes chromatographiques développées pendant la seconde guerre mondiale (travaux de MARTIN et SYNGE (1941) concernent la chromatographie de partage[[30]](#footnote-30) sur papier) ou dans l’immédiate après-guerre les chromatographies sur colonne par échange d’ions[[31]](#footnote-31) et les chromatographies sur couches minces. Il s’agit toujours de techniques simples utilisées tant en recherche qu’en routine pour la séparation des sucres simples et des acides aminés. Il faut encore citer, un peu plus tard, la chromatographie de gel filtration (exclusion diffusion[[32]](#footnote-32)), qui, elle, permettait, également en recherche et en routine, pour la première fois une séparation des protéines selon leur taille et même, pour la première fois, de manière simple[[33]](#footnote-33), la détermination de leur masse moléculaire. Comme on le verra plus loin, toutes ces techniques simples figureront très vite dans les programmes de formation et y sont toujours présentes.

Il ne s’agit là que d’un début : les méthodes chromatographiques connurent ensuite un grand développement qui ne relève plus de la technique simple mais bien d’une succession de technologies : il en sera donc question plus loin.

##### 2 –Les débuts de l‘ électrophorèse sur support

De même que la chromatographie, l’électrophorèse était connue et pratiquée avant-guerre, mais uniquement en recherche : il s’agissait de l’électrophorèse en veine liquide selon TISELIUS[[34]](#footnote-34). Bien que délicate à mettre en œuvre du fait, là aussi, d’un appareillage encombrant et délicat nécessitant un personnel important, elle aura été pratiquée, en recherche, jusqu’au milieu des années 1970.

Dans l’immédiate après-guerre, les techniques d’électrophorèse sur support (papier par exemple) n’ont guère été convaincantes[[35]](#footnote-35). Cependant, au milieu des années 60, le gel d’acétate de cellulose, produit industriellement, commercialisé sous le nom de CELLOGELTM fut très utilisé pour la séparation des protéines sériques[[36]](#footnote-36) . Là encore il s’agissait d’une technique simple qui aura été utilisée, d’abord professionnellement en biologie médicale pendant quelques années et, en formation, durant une trentaine d’années[[37]](#footnote-37).

Ce support sera rapidement supplanté en recherche par le polyacrylamide et l’agarose, supports permettant une séparation beaucoup plus fine des protéines. De même l’agarose permit la séparation de l’ADN[[38]](#footnote-38) rendant obsolète la plupart des ultracentrifugations analytiques.

Ces deux types d’électrophorèses sur support immergé sont devenus incontournables pour les opérations de génie génétique et donc des biotechnologies. Si elles aussi ont subi l’influence d’une technologisation ultérieure, elles restent sous leur forme simple encore utilisées professionnellement en routine comme contrôle suite à opération analytique et pour la formation.

##### 3 – L’apparition de l’électrocolorimétrie

Déjà avant-guerre, le spectrophotomètre était utilisé en recherche dans de rares laboratoires. C’était un instrument lourd, coûteux et relativement difficile à utiliser : dans certains appareils (appareils de zéro), la mesure de densité optique n’était possible, par exemple, qu’après avoir manipulé une molette de manière à ramener l’aiguille du cadran sur zéro (équilibrage d’un pont Weatstone[[39]](#footnote-39)). Ce genre d’appareil permit à WARBURG de réaliser des travaux éminents[[40]](#footnote-40) Mais, à l’époque, il n’était pas encore possible, du fait de l’appareillage, d’utiliser ces caractéristiques en routine à des fins analytiques.

En routine, principalement dans le domaine de l’analyse médicale, on utilisait une colorimétrie visuelle, c’est-à-dire la comparaison visuelle (colorimètre de DUBOSCQ[[41]](#footnote-41)) de la coloration du tube de dosage en verre avec ceux d’une gamme d’étalonnage. Dans ces conditions, une certaine incertitude était de rigueur.

L’utilisation d’une cellule photoélectrique (électrocolorimètre comme le LUMETRONTM, par exemple) permettait, après avoir fait passer un faisceau lumineux de longueur d’onde déterminée (utilisation d’un filtre pour la sélectionner), de mesurer le flux lumineux correspondant au flux non absorbé. Par comparaison avec le flux émis par la source à la longueur d’onde considérée (permettant de faire le réglage du zéro de densité optique), il était possible de lire sur un cadran la densité optique de la solution colorée. Ainsi il était possible d’utiliser la loi de BEER-LAMBERT. Ceci n’était valable que pour des solutions naturellement colorées (cas rare) ou rendues colorées suite à réaction chimique de coloration. Cette technique remplaça petit à petit les méthodes titrimétriques et fut très utilisée en recherche et en routine, en particulier dans les dosages de chimie biologique en biologie clinique.

Avec cette colorimétrie, on est là au début du développement des méthodes optiques qui ont été largement utilisées en analyses médicales de routine mais également en recherche (médicale et autre). Elles connaitront, elles aussi, d’importants développements technologiques.

##### 4 – Techniques liées à la réalisation d’antibiogramme et au dosage d’antibiotiques[[42]](#footnote-42)

~~Après la découverte fortuite de la pénicilline par A Fleming en 1928, il n’y a eu aucune utilisation réelle de cette molécule jusqu’à ce que l’armée US, en voulant sauver un maximum de soldats bléssés lors de la 2ème guerre mondiale, ait mis en culture les pénicillium (mettant ainsi au point les bioréacteurs et des techniques de séparation) pour traiter les infections à Staphylocoques. La découverte par Waksman de la streptomycine dans les années 40 ouvre une véritable « chasse » aux antibiotiques. Plusieurs dizaines ont été commercialisés dans les années 50 à 70.~~

Cela a permis de développer la technique de l’antibiogramme sur gélose (méthode des disques) encore très utilisée de nos jours. Sont également développées les recherches en milieu liquides (CMI et CMB) afin d’avoir une idée précise des concentrations utiles.

Avec la standardisation de la méthode des disques (milieux MH, épaisseur 4mm, culture de 18h dense non confluente) on a pu mesurer directement la CMI sur les boites (rayon d’inhibition) et définir la notion de souche sensible, résistante ou intermédiaire.

Le gros inconvénient de la méthode est le temps indispensable pour avoir un résultat (au moins 48 h) souvent incompatible avec l’urgence du traitement du malade.

Actuellement on développe des techniques permettant d’avoir un diagnostic bien plus rapidement par des méthodes génétiques (par puce à ADN par exemple) pour mettre en évidence d’éventuels facteurs de résistance (plasmides, mutation…) de la souche en cause.

#### C – Un travail technicien artisanal

La réalisation pratique de toutes ces techniques simples nécessitait, en plus d’une connaissance spécifique du matériel et d’une habilité manuelle liées à l’utilisation adéquate de matériel de chimie[[43]](#footnote-43), un certain nombre de connaissances pratiques qui relèvent du tour de main : choix du bon matériel, appréciation d’une coloration, choix judicieux, préparation et contrôle des réactifs, durée de chauffage pour réaliser une réaction chimique de coloration ou autre, durée d’attente pour le développement d’une coloration, temps de repos minimal et maximal, remplissage des puits d’électrophorèse, dépôt sur la couche mince… Il s’agit là de tours de main, en fait, d’un savoir-faire digne d’un artisan, tel également le poste de travail personnel bien ordonné, la concentration… mais source d’une certaine lenteur d’exécution.

Ce travail artisanal ne se pratiquait pas uniquement en chimie biologique et en microbiologie, mais, dans un premier temps, dans tous les types de travaux de laboratoire en biologie, qu’elle soit médicale ou autre. Une des caractéristiques essentielles résidait dans le fait qu’il n’était possible que de traiter les échantillons un par un, les uns après les autres (ou alors, en colorimétrie, préparer un petit nombre d’échantillons à la fois[[44]](#footnote-44)). Traiter un grand nombre d’échantillons nécessite un temps important ou bien davantage de personnel. Ceci justifiera le fait, à la fin des années 50, que l’on cherche à automatiser certaines de ces techniques de chimie biologique, domaine où cet aspect, avec une demande croissante, était ressenti comme posant le plus de problèmes. Initialement, les industriels (TECHNICONTM, COULTERTM par exemple) se sont intéressés au marché de l’analyse médicale (techniques de coloration et les techniques colorimétriques, comptage de cellules sanguines). On commence à rentrer là dans le registre des technologies.

### 1 3 2 – Le temps des technologies : automatisation, électronique et informatique

Comme beaucoup d’autres, le terme « technologie » est polysémique et, dans un premier temps, nous retiendrons un des sens figurant dans le dictionnaire Robert[[45]](#footnote-45) : « *technique moderne et complexe* ». La complexité peut tenir à un principe nouveau qui nécessite un appareillage nouveau, mais, le plus souvent, ici, il s’agit d’un appareillage auquel on ajoute d’autres fonctionnalités.

Tout en reconnaissant que l’on pourrait également se baser sur l’évolution technique des compteurs de cellules (développés par la firme américaine COULTERTM), ce sont les améliorations successives apportées au spectrophotomètre (système automatisé de pipetage, passeur d’échantillons, …) grâce aux apports de l’électronique, de l’automatisme, et de l’informatique qui sont à l’origine d’un type d’appareillage plus sophistiqué, plus performant et qui s’est largement répandu, l’automate.

#### A- – D’abord l’évolution du spectrophotomètre en automate

On a vu précédemment que les spectrophotomètres, avant-guerre uniquement d’absorption moléculaire, outre qu’ils aient été coûteux, n’étaient pas faciles à utiliser. Après-guerre, l’appareillage perdit beaucoup de son encombrement mais également vit ses performances et sa facilité d’utilisation augmentées grâce au transistor et à l’électronique sous forme de cartes : ainsi les lampes disparurent, de nouvelles sources plus lumineuses dans un domaine spectral plus étendu furent utilisées, les filtres des colorimètres furent remplacés par des monochromateurs à prisme puis à réseaux de gravure de plus en plus fine et des cellules photoélectriques plus sensibles purent être utilisées Dès le milieu les années 70, furent disponibles des versions de spectrophotomètres utilisables en routine y compris dans les centres de formation.

Grâce au développement de l’électronique, un affichage numérique permis l’indication digitale de la valeur de paramètres mesurés (en général absorbance). De plus, l’informatique intégrée à l’appareillage permit d’en transmettre la valeur à un calculateur de plus en plus perfectionné. Ainsi pouvait-on utiliser la loi de Beer Lambert et, après étalonnage, grâce à un calculateur, obtenir directement l’affichage de la concentration du produit à doser.

Parmi les avantages liés à la mise en œuvre de tels spectrophotomètres, il faut citer l’utilisation de cuves parallélépipédiques d’un volume classique de 3 mL, c’est-à-dire largement inférieur au 10 – 15 mL des tubes en verre qui étaient utilisés en colorimétrie : non seulement les prises d’essais d’échantillon étaient plus faibles mais de plus on utilisait moins de réactifs. Ces cuves, initialement en verre, fut rapidement remplacées par du plastique, et, avec le temps, même dans le proche UV : c’est le début des « consommables ».

Le spectrophotomètre a étendu son domaine spectral du visible à l’ultraviolet. Ceci permet de faire des lectures d’absorbance sur des solutions non colorées, mais douées de propriétés spectrales dans l’ultraviolet comme le NADH, certains acides aminés et les protéines : on pouvait ainsi les doser simplement. C’est également la possibilité de mesurer l’absorbance spécifique à 340 nm des coenzymes pyridiniques réduits (NADH). Ceci fut largement utilisé à partir des années 1970 dans ce qui a été appelé les « tests optiques » ou « tests UV », c’est-à-dire les méthodes de dosage ou de détermination d’activité enzymatique[[46]](#footnote-46) mettant en jeu ces mêmes coenzymes pyridiniques.

Par contre, dans ses débuts, ce spectrophotomètre imposait encore une utilisation artisanale : même si on pouvait préparer plusieurs échantillons en même temps et faire la lecture quasiment en une seule fois, le nombre d’échantillons à traiter restait limité. L’introduction de passeurs d’échantillons fut une des premières améliorations ouvrant la voie à ces automates de toutes sortes qui depuis lors firent leur apparition dans tous les laboratoires, petits et grands, pour accomplir la grande majorité des tâches analytiques.

#### B – Des automates et robots analytiques pour toutes les activités de laboratoire

Dans la filiation proposée ici entre spectrophotomètres et automates divers types d’ajouts doivent être pris en compte. D’abord, le fonctionnement global des premiers automates disponibles sur le marché diffère sensiblement de celui du spectrophotomètre originel. De plus, dans les automates qui se développèrent, non seulement la spectrophotométrie d’absorption moléculaire n’est pas le seul principe utilisé pour la lecture finale, mais encore d’autres technologies furent également utilisées. Enfin on a assisté depuis un certain temps au regroupement de ces automates en des entités analytiques qui peuvent être qualifiées de robots.

##### 1 – Les premiers automates : deux systèmes aux destinées différentes

Même s’il utilise un photomètre, le premier automate (TECHNICONTM) diffère sensiblement, dans son fonctionnement, de celui d’un spectrophotomètre classique. En effet, il fonctionne selon un système continu alors que le spectrophotomètre relève d’un système discontinu.

Dans le ***système continu***, tous les échantillons, mis en mouvement par une pompe péristaltique, circulent dans de longs tubes plastiques, les uns à la suite des autres, fragmentés par des bulles. La lecture de la coloration (initialement effectuée en pourcentage de transmission) grâce à un photomètre à filtre couplé à un enregistreur graphique. Un tel système a plusieurs inconvénients ; il faut mesurer la hauteur des pics et la reporter manuellement sur une courbe d’étalonnage et, de plus, le système de tube mise en place (manifold) ne correspond qu’à un seul type de composé. Au fil du temps, en multipliant les tubulures en parallèle, les pompes et les photomètres, plusieurs générations se développèrent sur le même principe, permettant sur un même échantillon plusieurs types d’analyse de paramètres biochimiques. Ce système connut son heure de succès mais fut plus ou moins abandonné en ce qui concerne l’analyse médicale au profit de l’autre système.

Dans le ***système discontinu***, les échantillons et réactifs sont introduits, successivement, par des bras mécaniques dans une cellule initialement de spectrophotomètre dans laquelle se déroule la réaction à une température déterminée. A un moment donné, la mesure d’absorbance dans le domaine visible ou ultraviolet est effectuée. L’informatisation ultérieure permit de rendre les automates polyvalents grâce à la possibilité de programmer la nature et le volume des réactifs, le temps d’attente, la température et de réaliser une lecture d’absorbance en continu (dosage cinétique). Ces appareils peuvent également être programmés pour faire des mesures d’absorbance à plusieurs longueurs d’onde ainsi que pour réaliser des spectres par mesure continue dans un intervalle de longueurs d’onde préalablement déterminé (spectres d’absorption permettant de caractériser et de doser une substance).

Même si le système continu[[47]](#footnote-47) apparu dès 1957 est encore présent actuellement, c’est la descendance du système discontinu[[48]](#footnote-48) qui est la plus abondante.

La spectrophotométrie d’absorption moléculaire comme principe de mesure finale a perdu depuis longtemps son monopole : d’autres principes sont peu à peu utilisés rendant actuellement les automates indispensables dans tout laboratoire pour des travaux de routine.

##### 2 - De nouveaux principes de mesure finale

On trouvera dans le tableau suivant l’énumération de nouvelles méthodes utilisées dans les automates.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Méthode | Discipline | Principe | Technique | Utilisation |
| physique | optique | Spectrophotométrie | Émission moléculaire (fluorescence) |  |
|  |  |  | Émission atomique | Utilisation de gaz ; problème de sécurité (utilisation d’acétylène) |
|  |  |  | Absorption atomique | Utilisation de gaz ; problème de sécurité (utilisation d’acétylène)  recherche de métaux lourds |
|  | Résonance magnétique nucléaire (RMN) |  |  | Etude des protéines (structure et interactions entre protéines et avec des ligands) |
|  | Spectrométrie de masse |  |  | Etude des protéines y compris pour l’identification bactérienne |
|  |  |  |  |  |
| physicochimique | Électrochimique | Potentiométrie | Electrodes spécifiques | Dosages divers : ions (Na, K, …), substances organiques (glucose, ….) |
| s |  | Conductimétrie | Cellules conductimétriques | Dosages divers |
|  |  |  |  |  |

Quelques remarques :

* les méthodes optiques, d’une manière générale, se sont largement développées  et, actuellement, l’émission moléculaire fait désormais au moins jeu égal avec l’absorption moléculaire.
* toutes ces méthodes ont d’abord été mises en œuvre dans des appareils relevant d’une mise en œuvre semblable à celle décrite dans ce qui a été décrit précédemment comme « techniques simples ». Certains de ces appareils (spectrofluorimètres, HPLC et CPG) sont actuellement largement présents dans les centres de formation. C’est dans un deuxième temps quelles ont été automatisées et, dans leurs derniers développements, et que l’on est maintenant en présence d’automates, éléments fonctionnels de robots.
* ces nouveaux principes auront largement bénéficié à ce qu’il est convenu d’appeler les méthodes chromatographiques. Celles-ci se sont différenciées en chromatographie en phase liquide (CPL) et de chromatographie en phase gazeuse (CPG).

Initialement en basse pression, des progrès techniques ont permis à la chromatographie en phase liquide d’être réalisée en moyenne et haute pression. Du fait de l’amélioration des séparations obtenues, ce dernier type d’utilisation a été par la suite dénommé chromatographie à haute performance (HPLC). Il s’agit, au moins depuis 20 ans, d’appareillages classiques largement utilisés en recherche et en routine pour la séparation de tous types de molécules biologiques ou non. L’appareillage, dans ses derniers développements, est en fait un automate. Il en est de même pour les appareillages de chromatographie en phase gazeuse .

* Des techniques physiques comme la radioactivité, la résonance magnétique nucléaire (RMN), l'imagerie par résonance magnétique (IRM), la résonance paramagnétique électronique (RPE), la diffraction des rayons X, le scanner, les ultrasons, …. nécessitant un appareillage couteux et des mesures de sécurité particulières ont vu le jour durant cette période. Certains aspects de leur mise en œuvre ne relèvent pas directement du travail classique de laboratoire : utilisées en médecine (clinique et thérapeutique), leur mise en œuvre ou l’étude de leur principe relèvent soit de formations spécifiques[[49]](#footnote-49) ou des formations au travail social.

##### 3 – Utilisation de nouvelles techniques

L’après-guerre a également vu l’invention de techniques de fixation de fragments de composés organiques ou biologiques[[50]](#footnote-50) sur support solide de toutes sortes (cellulose, verre, plastique, métal). D’abord mises en œuvre en tant que techniques analytiques simples, ces possibilités furent donnèrent lieu à la construction d’automates spécialisés.

Ainsi, initialement, la fixation d’enzymes sur support par covalence et adsorption ouvrit le champ de recherches sur la catalyse enzymatique hétérogène aboutissant à des applications analytiques comme les capteurs biologiques (exemple, les électrodes à enzymes), les supports de chromatographie[[51]](#footnote-51) puis, ultérieurement, au screening, technologie très utilisée, dans les biotechnologies, dans la sélection, l’identification dans un mélange complexe d’espèces moléculaires particulières (protéines et ADN). De même grâce à la fixation par adsorption de divers anticorps[[52]](#footnote-52) ou antigènes sur microplaques, il était possible de sélectionner l’autre partenaire dans un mélange complexe.

La fixation covalente sur verre ou support métallique d’un grand nombre de fragments protéiques (domaines) ou d’ADN (oligonucléotides plus ou moins longs) conduit à fabrication et utilisation (commercialisation) de biopuces regroupées en bioships[[53]](#footnote-53) utilisées dans des automates pour la recherche de structures spécifiques complémentaires au sein d’un mélange complexe, par exemple pour le séquençage d’ADN ou pour la détermination des interactions entre protéines (recherche dans la cadre de l’interactome, c'est-à-dire des voies de signalisation). Il s’agit là de techniques mises en œuvre en routine de recherche grâce à des automates susceptibles de s’adapter à divers types de biopuces.

##### 4 – A la fin du XXème siècle, des robots analytiques …

Dans les domaines de l’analyse médicale, de l’analyse industrielle et de la génomique des facteurs comme :

* la multiplication des possibilités analytiques liée à l’utilisation d’automates de plus en plus spécialisés,
* l’accroissement de la demande,
* la nécessité de raccourcissement des délais d’analyse par, en particulier, la prise en compte du gain de temps lié à la suppression du transfert des échantillons d’un laboratoire à un autre géographiquement éloigné
* le développement de systèmes informatique complexe

ont amené à la mise en œuvre de robots analytiques coordonnant, dans un champ analytique donné (biochimie, microbiologie, hématologie, immunologie, séquençage…), l’activité de robots spécialisés dans certaines analyses. Ceux -ci sont mise en œuvre dans un bâtiment (re)construits regroupant donc tous les laboratoires jusque-là dispersés sur le site.

Ainsi se sont créés, dans les grands centres hospitaliers, des pôles scientifiques[[54]](#footnote-54) dotés de système de transfert automatisé d’échantillons depuis les divers services : un ensemble de robots gère le contrôle de l’arrivée des échantillons, leur orientation vers l’automate spécifique qui va réaliser la fonction analytique, et lettre et la transmission des résultats aux divers services les personnes concernées.

De même dans le domaine de la génomique, les plateformes haut débit de séquençage de l’ADN[[55]](#footnote-55), d ce sont des robots coordonnant divers automates qui assurent le séquençage de l’ADN.

L’existence de ces automates et robots amène à se poser la question : qu’en est-il du travail technicien ?

#### C – Un autre type de travail technicien[[56]](#footnote-56)

Bien évidemment, dans la mesure où c’est l’automate ou le robot qui effectuent tout ou partie du travail analytique et le travail du technicien/laborantin n’a plus rien à voir avec le travail artisanal décrit précédemment.

Dans le cas d’un automate, en particulier pour les premières versions, les moins sophistiqués, le technicien doit d’abord assurer un bon fonctionnement de l’automate ou de l’ensemble des automates dont il a désormais la responsabilité, à savoir l’étalonnage, l’approvisionnement en échantillons (leur identification et, en recherche, leur préparation éventuelle) et en réactifs ainsi que de la qualité des résultats obtenus : c’est le contrôle de qualité. Celui-ci est assuré par introduction lors de chaque série de dosages ***d’échantillons de contrôle*** d’un même lot et ce contrôle consista à suivre dans le temps les résultats obtenus de manière statistique, ceux-ci devant se trouver à l’intérieur d’une certaine fourchette pour que la méthode sous soit « sous contrôle ». Ce suivi se faisait manuellement et donné lieu à un ensemble de graphiques correspondants à chaque type d’appareil.

Une telle pratique devint caduque avec, toujours grâce aux progrès, l’apparition de nouveaux modèles comportant un traitement statistique des résultats et une mémoire ainsi des capacités de signalement d’anomalies. Celles-ci peuvent concerner l’appareillage lui-même, ainsi que la valeur des résultats obtenus ceci par comparaison avec des résultats obtenus antérieurement. Il en est de même, a fortiori, lorsque les automates sont connectés en réseau lors de l’utilisation des robots. Dans un tel contexte, le technicien doit savoir remédier aux nouveaux types de problèmes rencontrés : s’il ne peut intervenir directement en cas de dysfonctionnement de la chaine analytique, par contre il doit gérer tout problème en amont et en aval de celle-ci. Il s’agit d’un mauvais étiquetage d’un échantillon, d’une mauvaise orientation, … autre domaine d’intervention pour les techniciens expérimentés : il s’agit des dernières mises au point lors de la mise en service d’automates ou d’un changement de (version de) logiciel de communication. On voit que les questions concernant les mesures et l’instrumentation prennent, dans ce contexte, une importance capitale…. Il en est de même pour tout ce qui touche le respect des conditions de sécurités chimique, électrique et biologique au sein du laboratoire et son travail sera différent selon le type d’appareil dont il aura la responsabilité du suivi.

C’est dans le domaine de l’analyse médicale publique et privée que le contrôle de qualité a été, avec le temps et l’évolution technique le plus réglementé : avec les regroupements de laboratoires opérés, ces contrôles, rendus obligatoires, se situent au niveau du groupe de laboratoires, d’une région, au niveau national et même dans certains cas c’est-à-dire pour des laboratoires très spécialisés servant de référence internationale au niveau international. Les résultats de certains de ces contrôles sont publiés dans le milieu professionnel mais non publics ni nominatifs.

Au-delà des considérations techniques précédentes, il s’agit maintenant de faire le lien avec l’importance prise par la biologie depuis la fin de la seconde guerre mondiale. Celui-ci est d’ordre sociétal dans la mesure où toutes des connaissances et des possibilités d’applications nouvelles, d’ordre médical ou autre, ont été largement diffusées et se sont imposées dans les pays développés. A ceci, relativement récemment, il faut associer des craintes suscitées par cette biologisation généralisée que représente la mise en œuvre programmée des biotechnologies.

## 1 4 –Une demande et, désormais, une interrogation sociétale

D’abord il faut remarquer que la biologie, par ses techniques, a permis la mise en place d’un un contrôle généralisé au niveau de notre vie quotidienne. Celui-ci a suscité, dans les pays développés, un sentiment de sécurité auquel nous nous sommes bien vite s’habitués. Avec le temps et, victimes de l’habitude, nous nous sommes même montrés de plus en plus exigeants, et même considérant désormais cette sécurité comme un dû. A ceci, s’ajoutent les biotechnologies qui permettant désormais de créer de nouveaux êtres vivants (modifier les espèces, celle de l’homme compris), et qui sont l’objet d’espoirs pour certains et de craintes pour d’autres.

Ainsi, à partir de la fin de la seconde guerre mondiale, du fait de leur succès, les techniques et technologies utilisées en biologie sont désormais largement en interaction avec la société, d’aucuns diraient, pour le meilleur, et d’autres pour le pire.

### 1 4 1 – Sécurité et analyses …

Dès le milieu du XIXe siècle, s’est développée la notion d’hygiène. Celle-ci visait en des recommandations individuelles et collectives pour garder la population en bonne santé. Ainsi se mirent en place des instituts d’hygiène municipaux et nationaux au sein desquels étaient effectuées des opérations scientifiques (analyses) en rapport avec les connaissances et des techniques de l’époque (« l’état de l’art[[57]](#footnote-57)). Il s’agit ici de travaux à portée sociale finalement assez limitée, même si on lui adjoint l’aspect médical. La situation qui se développera à partir de la seconde guerre mondiale est largement différente. Même s’ils en sont la cause efficiente, les nouveaux aspects purement techniques ne sont pas seuls en cause : sont à prendre en compte d’un côté l’influence exercée par ces analyses sur la société et de l’autre l’influence qu’exerce désormais cette société sur les acteurs de ces analyses.

D’abord nous bénéficions, depuis la fin de la seconde guerre mondiale, d’une sécurité objective, c'est-à-dire à portée sociale. Nous vivons dans une sorte de « société en analyses[[58]](#footnote-58) », société où tout ce qui touche notre santé personnelle et collective, notre alimentation d’origine industrielle et notre environnement peut être analysé et fait l’objet d’d’un nombre incalculable de dosages, ceci dans un cadre légal bien défini mais parfois orienté. Ceci s’est manifesté par exemple par la diminution du nombre d’intoxications alimentaires et, de ce point de vue, par un certain sentiment de sécurité. Tout un chacun, à la fois, en bénéficie et y est assujetti. Mais sommes-nous conscients que toutes ces opérations sont effectuées par des techniciens ? Cette non-conscience relève d’une sorte d’« inconscient technique », caché, secret, parfois fantasmé …

D’un autre côté, ce sentiment né, par exemple, de la mise en valeur par les médias de grandes découvertes scientifiques comme celle, au début de la période qui nous intéresse, des antibiotiques (Titre du Time « The miracle cure » en 1948) depuis repris à chaque « grande découverte » et « grand progrès scientifique » a amené cette même société à, d’un côté, croire en ces affirmations montées en épingle et, de l’autre, à exiger l’accès immédiat aux applications promises. Une attente s’est créée et s’est transformée, au nom d’un progrès continu, en besoin auquel le politique ne peut pas, par une sorte de clientélisme, ne pas répondre. C’est sans doute un des ressorts de la réponse institutionnelle initiale qui a conduit à la mise en place des formations techniques de laboratoire ainsi que leur évolution.

TABLEAU XXX : Les analyses actuelles relevant de techniques biologiques

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Santé | Industrie | Environnement |
| *Analyses médicales en cas de maladie*  (diagnostic, pronostic et suivi)  Microbiologie : recherche et identification bactérienne  Biochimie : électrolytes (Na, K, Ca, Mg, Cl,..), glucose, lipides (cholestérol libre et total), enzymes sériques  Hématologie : numération, formule  Sérologie  Parasitologie | **Industrie agroalimentaire**  *Analyses en cours de production et analyse du produit fini*  Selon le type de produit :  Analyse biochimique : sucres (types de d’édulcorants : naturels, artificiels), graisses (types de graisses), édulcorants, matières grasses, protides  Analyse microbiologique  Analyse toxicologique  *Examen en vue de la détermination de la date limite de consommation (DLC) et de la date d’utilisation optimale (DUO)*  Mêmes analyses que précédemment et ajout de l’analyse sensorielle | *Eau*  Eau potable : analyse chimique, bactériologique et toxicologique  Stations d’épuration : analyse chimique et biologique des effluents et de l’eau sortante  .. |
|  | **Industrie pharmaceutique et parapharmaceutique**  Efficacité clinique  Toxicité chez l’animal et chez l’homme |  |
| **Contrôle***:*  *Répression des fraudes* : laboratoires de la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes  Selon le type de produit :  Analyse biochimique : sucres (types de d’édulcorants : naturels, artificiels), graisses (types de graisses), édulcorants (EXXX), matières grasses, protides  Analyse microbiologique : bactéries, champignons, levures, virus,  Laboratoires privés agréés | | |

Si un versant de l’évolution technique a apporté une sécurité, un autre, avec les biotechnologies, a créé, chez certains, un sentiment d’insécurité vis-à-vis de l’avenir dans la mesure où il est maintenant possible de modifier le vivant au niveau des espèces, homme y compris.

### 1 4 2 – Biotechnologies : désormais, modifier le vivant

L’évolution technique évoquée précédemment a permis de séparer, identifier et d’étudier, au niveau désormais moléculaire, la structure, les propriétés et les rôles de tous les constituants du vivant (voir TABLEAUX II, III et IV) . Cette approche moléculaire, désormais appliquée à l’ADN et aux protéines, aura profité à toutes les disciplines de la biologie (biologie animale, biologie végétale, physiologie, génétique, microbiologie, immunologie, hématologie, ...).

La possibilité de réaliser des recombinaisons génétiques in vitro, c’est-à-dire le génie génétique apparut au début des années 70. D’abord ces travaux furent réalisés sur des cellules procaryotes donnant naissance aux Microorganismes Génétiquement Modifiés (MGM). Ceux ci, dans la première génération des biotechnologies, furent utilisés à l’échelle industrielle et en remplacement de méthodes extractives pour la production d’hormones à usage thérapeutique (hormone de croissance humaine, insuline, interleukine)[[59]](#footnote-59) . L’application aux organismes pluricellulaires donna naissance Organismes Génétiquement Modifiés (OGM), animaux et végétaux (voir TABLEAU V). De même, au niveau de la santé humaine, il fut possible d’envisager la thérapie génique[[60]](#footnote-60) consistant à corriger le génome de cellules malades. Plus récemment encore, il faudrait citer l’émergence des nanotechnologies qui permettraient d’introduire des molécules thérapeutiques directement au niveau intracellulaire lors par exemple d’atteinte cancéreuse.

Avec de telles possibilités, on entre dans un domaine totalement inconnu quant à son impact réel, à court et surtout long terme et sur l’espèce humaine. Il suscite un grand espoir, en particulier dans le domaine de la santé, mais également des craintes en ce qui concerne l’impact de ces espèces nouvelles sur la nature et même sur l’avenir de l’espèce humaine dans la mesure où ces travaux sont applicables à l’homme.

En parallèle à ces travaux, les ***techniques de séquençage de l’ADN[[61]](#footnote-61)*** d’organismes procaryotes puis eucaryotes, apparurent en 1977. Leur développement, c’est à dire une première automatisation, conduisit, au séquençage de divers génomes (voir TABLEAU VI) procaryotes et eucaryotes. Dans le cadre de deux projets concurrents (HUMAN GENOME PROJECT, public, et celui de ***Celera Genomics,*** privé), une version de travail du génome humain fut publiée en 2000[[62]](#footnote-62) et une version définitive en 2007[[63]](#footnote-63). L’informatique fut la encore mise à contribution pour le stockage des données, créant la génomique. Leur exploitation constitue la post génomique, nouvelle discipline qui permet à partir des études du génome aussi bien de déterminer le risque d’être atteint de telle ou telle pathologie que de mettre au point la thérapeutique permettant d’y remédier.

La mise en œuvre de toutes ces possibilités, qui ne sont pas sans susciter des interrogations d’ordre éthique[[64]](#footnote-64) concernant des risques potentiels concernant l’environnement, la biodiversité et l’espèce humaine, conduit aux biotechnologies. Il s’agit d’une discipline en pleine expansion. Elle est désormais omniprésente et est subdivisée, selon son domaine d’intervention, en blanches (industrie), rouges (santé), bleues (biodiversité), jaunes (protection de l’environnent) , vertes (agriculture) et orange (pédagogie).

Au vu de ce qui précède, les conditions mise en œuvre des techniques de biologie, du fait des progrès accomplis, se sont largement diversifiées. C’est cette diversification qu’il nous faut maintenant interroger. C’est à cette diversification désormais bien établie que devra également répondre la réponse institutionnelle que nous étudierons ultérieurement.

# 2 – Une différenciation croissante des contextes de mises en œuvre

Avec les progrès accomplis, les techniques se sont largement différenciées tant au niveau diachronique, avec l’augmentation des performances, analytiques ou autres, lors de l’accomplissement d’une tâche donnée. Cette différenciation est également synchronique, avec la diversification des types de tâches susceptibles d’être accomplies à un moment donné. Avec le recul, il est possible d’en faire une typologie. Bien évidemment, celle-ci va influencer le travail demandé au personnel qui en assure le travail technicien et elle devra être doublée d’une typologie équivalente lors de la réponse institutionnelle au besoin de formation.

L’un des premiers types est ancien et distinguait, de fait,

* les travaux effectués une seule fois, en un très petit nombre de fois, couronnés de succès ou non, d’abord effectués par un chercheur puis susceptibles, ensuite, de l’être par des techniciens expérimentés
* ceux effectués un grand nombre de fois, avec une technique éprouvée donc donnant, sauf erreur expérimentale, un résultat, ceci de manière répétitive c'est-à-dire en routine.

Cette dichotomie relève de la notion, relativement récente, de cycle de vie des techniques. C’est une notion généraliste qui concerne tant les travaux académiques que ceux industriels, ceux des laboratoires de contrôles divers et des laboratoires d’analyses médicales. Il serait faux de croire que, dans le cadre des formations de techniciens, seul l’aspect routine, sous sa version la plus simpliste, est à prendre en compte. L’adaptation des techniques tant à un objectif particulier qu’à un appareillage (automate) nouveaux peut être confié à un technicien expérimenté et demande une partie du savoir-faire (un ensemble de compétences) qui était associé initialement du seul chercheur.

Avec la montée en puissance de la biologie dans l’industrie (domaines de biotechnologies), il a été nécessaire de distinguer ce qui relève de la recherche, du développement ou de la production.

Enfin, et peut-être le plus important, et le type d’objet sur lequel est mis en œuvre une technique et ensuite l’objectif de mise en œuvre d’une technique. C’est par lui que nous commencerons.

Bien évidemment, dans chacun de ces cas les opérations et attendus lors de la mise en œuvre de ces techniques seront différents et nécessiteront une formation adaptée pour les personnels techniques d’où la nécessité également de distinguer contexte professionnel et contexte de formation et ceci, le moment venu, d’adapter celui-ci et celui-là en fonction des diverses contraintes actuelles et locales.

## 2 1 – Divers types d’objet d’étude et divers objectifs de mise en œuvre

Depuis l’adoption du réductionnisme physicochimique au début du XIXe siècle, les chimistes ont cherché à appliquer cette méthodologie au vivant et rapidement ils ont montré que la matière vivante la matière inerte étaient régies par les mêmes règles (synthèse de l’urée par WOHLER en 1828). Ainsi se compléta l’identification des constituants de la matière vivante commencée dès le XVIIIe siècle étend un des grands noms est BERZELIUS. Animaux et végétaux devinrent des matières premières qui ont donc été « analysés » afin d’en découvrir et identifier les « principes immédiats ». Bien évidemment, le monde médical ne resta pas en reste, parmi ces matières premières figurent les liquides biologiques sur lesquels étaient déjà réalisées des opérations de numérisation.

La mise en place de la microbiologie par PASTEUR et KOCH, instaura d’autres opérations techniques telles que la préparation des milieux culture, l’enrichissement et l’identification.

Il fallut un certain temps pour que ces « principes immédiats » chez les animaux, végétaux puis microbes soient reconnus en termes modernes de molécules et pour que les différents temps classiques de leur « étude », à savoir extraction, purification, exploration expérimentale de ses propriétés et dosage, soient identifiés. Ce à quoi correspondait, à chaque époque, chacune de ces opérations a beaucoup varié en fonction des moyens techniques et les études effectuées au début du XXe siècle et même avant-guerre n’ont pas grand-chose à voir avec celle effectuées actuellement, ceci du fait d’une amélioration sans précédent de l’offre technique.

A titre d’exemple, témoignent la consultation d’articles originaux de la fin du XIXe siècle concernant la « découverte » de telle ou telle molécule à confronter avec ceux concernant une autre découverte dans les années 1930 et les compte-rendus actuels publiés. Il en est de même pour l’énumération des propriétés des molécules : longtemps cantonné à la description des cristaux, puis aux réactions chimiques auquel elle pouvait donner lieu, actuellement les travaux, considérant ces molécules comme des ligands, vise à mettre en évidence les interactions qu’elles sont susceptibles d’avoir avec d’autres types de molécules, dont les protéines. De même, à propos des travaux sur la recherche d’ADN dans le contexte de police scientifique, l’augmentation du type d’échantillons sur lesquels une telle recherche peut être effectuée….

## 2 2 –Notion de cycle de vie d’une technique

Toute technique est soumise à un cycle de vie : métaphoriquement parlant, elle « nait », « se développe » et « meurt ». Sa naissance est le fait d’un « inventeur » (théoriquement) dûment reconnu, quoique parfois discuté par les historiens. Cette technique dans sa phase initiale est souvent complexe à mettre en œuvre. Elle va être modifiée, éventuellement améliorée par d’autres chercheurs et adaptée à telle ou telle analyse. Telle est l’étape « recherche ». Si la technique est jugée suffisamment informative, elle sera adaptée, simplifiée pour pouvoir être effectuée le plus rapidement possible, en engageant le moins de moyens possibles tout en conservant les mêmes qualités. Il s’agit de la « mise au point », c’est-à-dire adaptation un travail de « routine » effectuée non plus par le chercheur mais par du personnel formé à cet effet. De plus, si le nombre d’analyses augmente se mettre en place un processus d’automatisation. Bien évidemment, en fonction de l’étape dans laquelle se trouve une technique, les besoins en nombre et formation de personnel se trouvera différent.

C’est dans le cadre de l’analyse médicale que cet aspect était le mieux analysé. La formation des personnels était initialement centrée uniquement sur l’aspect routine dans la mesure où les travaux effectués étaient à caractère artisanal : grand nombre de techniciens demandé et grande intervention du jugement personnel (appréciation de couleur sensible lors du virage dans une analyse titrimétrique). Comme on l’a vu, avec l’évolution des techniques, le travail de routine stricte a perdu de son importance au profit des travaux généralistes nécessitant une formation qui a dû s’adapter.

## 2 3 - - Recherche / développement / production

Les industries agroalimentaires sont très consommatrices d’analyses. Ce phénomène s’est encore accru avec l’apparition des biotechnologies dans lesquelles on est en présence d’un processus industriel d’obtention de produits ou de services à grande échelle à l’aide de matériel biologique naturel ou obtenu par recombinaisons génétiques in vitro. Dans ce cadre, un premier travail s’effectue au laboratoire : on teste la production en petit volume et de nombreuses analyses doivent être effectuées pour s’assurer de la faisabilité. Celle-ci étant avérée, on passe à une seconde étape qui est celle du développement : on cherche alors à obtenir les mêmes performances avec des volumes plus importants. Là encore de nombreux échantillons peuvent être prélevés et analysés au laboratoire pour s’assurer, au niveau de certains paramètres, de la qualité des performances mais, certains de ces paramètres peuvent être suivis en ligne, contrôlés et régulés à partir d’une salle de contrôle attenante à l’installation industrielle. Enfin, des conditions d’obtention en grand volume ayant été extrapolées à partir des études faites en développement, on passe à la phase de production en très grand volume. Là encore coexistent surveillance des paramètres en ligne pour les paramètres physico-chimiques et prélèvements d’échantillons poursuivre l’évolution des concentrations du produit final et du substrat. En fin de production, le produit final est soumis à un ensemble d’analyses selon la législation en vigueur.

On conçoit que dans ce cas la formation au travail artisanal au laboratoire ne suffit plus et qu’une formation spécifique doit être mise en œuvre en ce qui concerne les travaux effectués en développement et en production.

De tout ce qui précède il faut cependant retenir que même dans l’industrie, on voit que c’est le travail au laboratoire qui reste fondamental et donc que la formation des personnels devant être donnée, ce qui ne veut pas pour autant occulter le fait que travail technique n’était plus seulement au laboratoire.

Ce travail, au niveau du développement et de la production, nécessite un grand nombre d’analyses effectuées par des automates des caractéristiques différentes ainsi qu’un coût élevé : dans ces conditions comment assurer une formation satisfaisante.

## 2 4 –Contexte professionnel et contexte de formation

Aux origines, la différence entre les techniques utilisées dans les contextes professionnel et de formation était minime dans la mesure où les techniques figurants au programme de formation étaient celles qui étaient utilisées dans les laboratoires et où, comme on le verra plus loin, la formation était professionnelle :tel était le cas de l’analyse médicale : le programme de 1954 du brevet de technicien supérieur d’analyses biologiques est resté le même jusqu’en 1963.

C’est l’apparition de l’automatisation qui va creuser l’écart. Elle concernera d’abord l’analyse médicale. D’abord cet écart sera minime, dans la mesure où cette automatisation ne touchera pas immédiatement tous les laboratoires mais elle ne tardera pas à se mettre en place et l’écart sera net dès le milieu des années 70.

À partir de ce moment, l’écart n’en finira pas de se creuser du fait de la sophistication et de la diversification de plus en plus grande des automates et de discussions sur la nécessité d’équipements des laboratoires de formation.

De plus, les centres de formations ont dû s’adapter, en particulier en analyse médicale, au regroupement de laboratoires et à leur équipement en automates par l’acquisition de petits automates simples et en introduisant dans la pédagogie leur surveillance et les différentes facettes du contrôle de qualité. On aborde là le problème de la réponse apportée dans le temps par l’institution à ce besoin de formation.

II

# – Une réponse institutionnelle et pédagogique

La situation à la fin de la seconde guerre mondiale précédemment décrite ainsi que son évolution a conduit, depuis lors, à une réaction des institutions, et en particulier du secrétariat à l’enseignement technique puis celle de l’éducation nationale. Celle-ci s’inscrit comme créations ex nihilo de formations suivies de réformes. Ces dernières se situent essentiellement dans le cadre de la politique générale de l’éducation du moment, en rapport avec les données socio-économiques et politiques. Avec le temps, les décisions prises en ce domaine seront de moins en moins fondées sur les préconisations de la seule Inspection Générale mais, avec la création des commissions professionnelles consultatives en 1972[[65]](#footnote-65), prendront plus ou moins en compte des demandes des professionnels, les avis des syndicats représentatifs ainsi que celles, éventuellement, d’associations de formateurs. Dans les diverses décisions ministérielles finales prises à un moment donné, le rôle de chacun de ces acteurs s’avérera dans le temps variable, avec un rôle moteur joué par les décisions politiques, politique de l’éducation sous la dépendance de la politique générale. Il est cependant difficile, en l’état, c'est-à-dire faute de documents et d’un nombre de témoignages suffisant, d’en restaurer le détail.

Nous prendrons comme vraie réponse institutionnelle spécifique à notre problématique, l’année 1963. Si cette date de 1963 doit être retenue moment fondateur, elle doit également être considérée comme achèvement d’un processus qui aura néanmoins commencé dès 1948, la période 1948 - 1963 constituant ce que l’on pourrait appeler une Préhistoire[[66]](#footnote-66).

Cette première réponse institutionnelle sera une réponse centrée sur la profession et sur un alignement sur l’enseignement général avec la création de baccalauréats techniques. Cette finalité professionnelle sera supprimée par la loi de 1985[[67]](#footnote-67) sauf dérogations qui ont perduré jusqu’en 1992.

Suite à la loi de 1985, une réponse centrée sur un enseignement généraliste et technologique sera seulement mise en œuvre en 1992 en ce qui concerne la discipline. Avec une révision en 2007, c’est la situation que nous connaissons actuellement mais qui risque de changer puisqu’une réforme prévue pour 2021 est actuellement (2018) en gestation.

## 3 1 – Vers l’institutionnalisation

L’institutionnalisation des formations techniques de biologie doit être vue comme un cas particulier de l’établissement de la présence de l’État pour tous types et niveaux de formations, quels qu’ils soient. En ce qui nous concerne, dans certains cas, il s’agira du maintien de l’existant[[68]](#footnote-68), mais dans la majorité des autres, de la transformation et de la création des formations. Tout ceci s’inscrit dans la ligne directrice de la structuration de l’enseignement technique sur de nouvelles bases.

### 3 1 1 – L’état antérieur : des formations non officielles

Si, avec les observations macroscopique et microscopique, la biologie peut être qualifiée de discipline expérimentale, le concept « d’analyse », au sens moderne du terme[[69]](#footnote-69) date de l’introduction de l’approche physicochimique au début du XIXe siècle. À partir de ce moment, les acteurs de ces travaux étaient des « savants » (médecins, pharmaciens, chimistes…), assistés de « préparateurs », les uns et les autres très peu nombreux en comparaison des situations ultérieures. Les analyses chimiques puis microbiologiques commencèrent, peu à peu, à susciter l’intérêt du monde médical et industriel. La microbiologie bénéficia des progrès de la microscopie et de la mise au point de techniques de coloration développées grâce aux colorants chimiques, dès la fin du XIXe siècle.

À partir de la fin de la première guerre mondiale, un petit nombre de médecins, contrairement à certains de leurs confrères qui n’accordaient crédit qu’au seul diagnostic clinique, commencèrent à considérer avec intérêt ces analyses en tant que complément des examens cliniques. Elles furent d’abord réalisées dans des hôpitaux et des laboratoires d’hygiène. Progressivement, à partir de la fin des années 1920, elles furent également effectuées dans des laboratoires privés sous la responsabilité de médecins, pharmaciens ou chimistes. Certains d’eux, dans ce contexte ouvrirent, sous leur seule responsabilité, des formations techniciennes de contenus variables. En tout cas, avant la seconde guerre mondiale, cette population technicienne en biologie ne devait pas dépasser quelques centaines d’individus. Rien donc de comparable avec la situation d’après la seconde guerre mondiale et, a fortiori, de la situation actuelle. Il s’agit donc bien, pour cette période, d’une protohistoire à savoir une période où des éléments précurseurs sont là mais sans que soit pris en compte l’essentiel, à savoir l’intérêt et la pression sociétaux. Il faudra des circonstances exceptionnelles, celles de l’après seconde guerre mondiale, pour que l’histoire de la biologie appliquée, dans sa phase institutionnelle uniformatrice et de visibilité sociale, commence, ceci après une phase de mise en place.

### 3 1 2 – Un temps de mise en place (1954 – 1959)

En ces temps de réorganisation politique, économique et sociale, les modalités exactes de la prise de conscience des institutionnels ne peuvent être reconstituées. Il est néanmoins sûr que, dès 1948, des décisions sont prises dans le cadre de ce que HAMON et LEBEAUME (2013 p. 53) ont appelé la « structuration » de l’enseignement technique. Un des éléments en est la création de formations nouvelles. D’autres devront suivre à partir de 1959 pour que l’on puisse parler d’institutionnalisation.

#### A – La « structuration » de l’enseignement technique

Le terme de "structuration de l'enseignement technique (1945 - 1958) » concerne, à l’origine, le seul enseignement technique industriel. Vu son importance numérique et économique, il a, en quelque sorte, servi de modèle d’organisation. Cette structuration comportait deux volets : une organisation en trois filières et la création de nouveaux diplômes.

|  |  |
| --- | --- |
| 3 filières | Nouveaux diplômes |
| Centres d’apprentissage (Certificat d’aptitude Professionnelle (CAP)) : formation d’ouvriers professionnels  Ecoles Nationales Professionnelles (ENP masculines - féminines) (Brevets) : formation d’agents de maîtrise  Sections spéciales d'ENP (préparation l’Ecole des Arts et Métiers) : formation d’ingénieurs | 1949 - Le décret 22 janvier 1949 crée le **Brevet d'Enseignement Industriel (BEI)** relatif aux titres de capacité professionnelle de l'enseignement technique  1952 - Le décret du 19 février 1952 création des **Brevets de Technicien**  1957 - Le décret du 26 août 1957 réglemente les sections préparatoires aux brevets dans « *les écoles nationales professionnelles, dans certains collèges techniques et établissements assimilés".* Il s’agit d’un diplôme national sanctionnant « la connaissance pratique et complète des techniques relatives à des spécialités ». Les examens comprennent des épreuves principales et complémentaires de laboratoire ou d’atelier et diverses épreuves de culture générale et professionnelle. |

En ce qui concerne la biologie, une formation niveau CAP était exclue : le caractère méticuleux et artisanal des techniques à mettre en œuvre n’était pas considéré comme relevant d’un travail ouvrier. De plus il était considéré que seules les femmes possédaient les qualités requises (LEBEAUME 20XX). De même, il n’existait pas à cette époque de formation comparable à celle de l’Ecole des Arts et Métiers. La seule filière de formation était celle des ENP, et même uniquement celle des ENP féminines, beaucoup moins nombreuses que les ENP masculines : seules 6 étaient recensées en 1958[[70]](#footnote-70) . Elles comportaient deux filières : enseignement ménager et enseignement social. C’est en leur sein que vont être mises en place des nouveaux BEI et Brevets de techniciens correspondant aux nouvelles spécialités.

#### B – De nouvelles formations

Il est facile et sans doute un peu artificiel de faire une reconstruction a posteriori. Celle-ci ne trouve sa justification que dans la clarté d’un exposé suivant, par exemple, l’ordre chronologique des créations.

La première formation créée concerne l’enseignement social. Avant même la création en 1949 du Brevet d’Enseignement Industriel, le **Brevet d’Enseignement Social** fut créé dès 1948. La célérité de cette création manifeste sans doute l’importance de l'enjeu social. Cette formation fut créée, dès le début, à l’ENP féminine de Paris, rue Corvisart. Cette situation s’avère prémonitoire vis-à-vis de l’évolution de notre domaine d’étude : non seulement l’enseignement social a été partie prenante dans l’institutionnalisation des formations, mais encore il y tient toujours une place éminente : certes la biologie n’est que matière d’accompagnement théorique, mais, en matière d’effectifs d’élèves et de formateurs, son importance a toujours été largement supérieure à celle du laboratoire[[71]](#footnote-71).

En marge de la filière sociale et faisant, à terme, le lien avec la filière laboratoire se trouve la création d’une nouvelle formation relevant de l’enseignement ménager et concernant une discipline nouvelle : la diététique. Cette discipline avait été développée en France par Lucie RANDOIN[[72]](#footnote-72) (1888 – 1960) et par le professeur Jean TREMOLIERES (1913 – 1976), médecin nutritionniste. La formation, centrée sur l’alimentation humaine du bien portant et du malade, introduisait un important programme théorique de chimie (chimie biologique) et de physiologie ainsi qu’un enseignement pratique au laboratoire (Travaux pratiques de sciences appliquées à l’alimentation[[73]](#footnote-73)) et en cuisine (techniques alimentaires). Les travaux de LEBEAUME (2014) montrent que la diététique figure parmi les « emplois émergents » pour les femmes. Il en est de même pour le travail de laboratoire, la microélectronique,… professions dans lesquels les femmes manifestent les qualités requises à leur exercice. Le **Brevet de Technicien de Diététique, première partie,** fut créépar arrêté du 30 décembre 1952 (code de la santé publique), de même, l'année suivante le **Brevet de Technicien de Diététique, deuxième partie,** par arrêté du 14 septembre 1953 (code de la santé publique).

La filière laboratoire, elle, s’inscrit dans un autre contexte disciplinaire, celui, à la base, des sciences physiques et sciences naturelles. Elle a pour première origine la création par arrêté du 29 janvier 1954 du BEI Aide-chimiste.[[74]](#footnote-74) La même année fut créé le **Brevet de Technicien d'Analyses Biologiques** par l'arrêté du 5 août 1954[[75]](#footnote-75), clairement centré, lui, sur l’analyse médicale.

Le programme, qui restera en application jusqu’en 1976, comprend français, morale et législation professionnelle, calcul pratique, physique, sciences naturelles (anatomie et physiologie humaines), chimie biologique et chimie biologie appliquée, bactériologie, sérologie, hématologie, anatomie pathologique, technologie : cours théoriques et liste d’analyses à effectuer dans les divers milieux biologiques (sang , urine, liquide céphalo-rachidien, lait, suc gastrique, matières fécales).

Il sera suivi en 1957 par la création du **Brevet ‘Enseignement Industriel Aide-biochimiste** par arrêté du 20 avril 1957, formation généraliste en deux ans (seconde et première) sur le modèle, formation en deux ans (seconde et première) orientée vers le laboratoire de biologie au sens large : enseignement théorique et pratique de chimie, sciences naturelles et microbiologie ainsi que législation et économie.

Dans ces trois derniers programmes, il faut noter que le terme « physiologie » apparaît sous le vocable de « sciences naturelles » qui comprend également la microbiologie. Par contre y figurent chimie biologique, bactériologie, sérologie, hématologie, anatomie pathologique et travaux pratiques de technologie ainsi que de technologie professionnelle et sécurité : il importe en effet de maitriser la « technologie de laboratoire » : l’’utilisation correcte des divers matériels et instruments utilisés en chimie même de savoir travailler le verre pour effectuer des réparations et fabriquer de nouveaux instruments.

Une nouvelle étape est franchie avec le Décret du 6 janvier 1958, généraliste, instaurant, dans son article 34, la formation de techniciens en 5 ans, « professionnels qualifiés, susceptibles de fournir ultérieurement les cadres moyens de l’économie nationale » ; la possession du titre de ***technicien breveté*** entraine l’équivalence de la première partie du baccalauréat.

A ce moment, Il faut remarquer que si les formations sont, administrativement parlant, mises en place, les conditions matérielles de leur effectuation ne sont pas réunies. Sans parler de l’aménagement ou de la création des locaux nécessaires à un travail de laboratoire de divers types (chimie, physique, chimie biologique, microbiologie, hématologie…) c’est l’absence de formateurs qui se fait sentir. Si dans les matières professionnelles, l’enseignement fut confié à d’anciennes laborantines ayant réussi, à partir de 1952, le concours de Professeurs Techniques Adjoints (PTA), c’est dans les matières théoriques que cette absence se fit sentir.

C’est seulement à partir du moment où de tels enseignants seront formés que l’on peut parler d’une institutionnalisation de ces formations.

## 3 2 – L’institutionnalisation : de nouvelles formations d’enseignants (1959 – 1963)

Les enseignements théoriques furent initialement assurés par des enseignants de faculté des sciences ou de médecine mais, dès 1959, fut créé le CAPET "chimie physiologie". Le concours était ouvert aux titulaires d'une licence (chimie physiologie) issus de l'Université ou de l'Ecole Normale Supérieure de l’Enseignement Technique (ENSET) qui, cette même année, créa la section A2 (chimie physiologie). Cette section qui se différenciait de la section "Sciences appliquées à l'économie domestique" A'2 L'agrégation de chimie-physiologie fut créée en 1963[[76]](#footnote-76). Tel est le moment que l’on peut considérer comme l’accomplissement de l’institutionnalisation des formations de la biologie appliquée, début de l’intégration de cette spécialité à la structure de l’enseignement général.

En dehors de cet aspect institutionnalisation, cette année 1963 aura également été importante pour l’histoire des formations : par les décrets du 2 février 1963 et arrêté du 2 août 1963[[77]](#footnote-77), le Brevet de Technicien d'Analyses Biologiques et le Brevet de Technicien de Diététique sont transformés, respectivement, en **Brevet de Technicien Supérieur d'Analyses Biologiques (BTS AB)** et en **Brevet de technicien supérieur de Diététique (BTS DT)[[78]](#footnote-78).** De même est créé, en 1963, le **Brevet** **de technicien supérieur Biochimiste** **(BTS BC**) en tant que plus généraliste que BTS Analyses biologiques. D’abord, cette dernière création conforte la différenciation du travail de laboratoire en biologie : l’analyse médicale d’un côté et recherche et industrie, de l’autre. Ensuite, la cette dénomination de BTS ouvre la voie à l’inscription des formations dans la classification des niveaux de formation établie ultérieurement : niveaux IV et III auxquels, en théorie, enseignent, respectivement, des professeurs certifiés et agrégés.

En tous cas, avec les BTS se mettent en place deux niveaux de formations (BEI et BTS) à finalité professionnelle. Celle-ci se maintiendra même au niveau du baccalauréat, un certain temps, avant de s’estomper au profit de la poursuite d’études : comme on l’a vu, augmentation du niveau de connaissances oblige.

## 3 3 – D’abord, rien que la profession … (1963 – 1992)

La poursuite de l’institutionnalisation s’inscrit dans un double cadre : d’abord, celui d’une demande de formation professionnelle lié à la reconstruction et, dans un second temps (20 ans …) ensuite, dans celle d’une adaptation aux nouveautés techniques et scientifiques. Le développement du nombre d’implantation des formations en rapport avec l’importance prise par le travail en laboratoire a constitué, tout au moins au début, une sorte de gageure. Ce défi concernait tant le personnel politique et administratif à tous les niveaux que les formateurs : il fallait créer administrativement ces formations et ensuite donner les moyens à des formateurs novices de remplir des missions que, dans les débuts, ils découvraient.

### 3 3 1 – La poursuite de création de formations d’abord adaptées aux besoins professionnels

Cette adaptation s’est organisée, durant cette période, autour de deux axes.

La première relève de la politique éducative et concerne la revalorisation de l’enseignement technique. Après l’intégration de nos formations dans la grille générale des qualifications en 1967, celles du niveau IV et V donnent accès, à partir de 1970, au baccalauréat alors que les BTS sont des formations de niveau III. De plus au début des années 80 sont créées des classes préparatoires aux grandes écoles spécifiques.

Le second est essentiellement en lien avec les progrès réalisés en biologie moléculaire avec l’introduction du génie génétique, c’est-à-dire des biotechnologies : elle permet une ouverture vers les productions industrielles, c'est-à-dire une sortie du seul cadre du laboratoire. C’est le début. Par voie de conséquence, ceci nécessite la création de diverses nouvelles formations spécialisées de niveau III : ce sont les dernières de la discipline.

#### A - L’accès au baccalauréat

La création du **Brevet de technicien supérieur Analyses biologiques** fut rapidement suivie par celle du **Brevet de technicien supérieur Biochimiste** par l'Arrêté du 31 juillet 1963. Ce BTS était comme le BTS analyses biologiques une des formations de niveau supérieur, futur niveau III. Celles-ci outrepassaient le niveau de savoir-faire nécessaire à la mise en œuvre des techniques simples en biochimie, en hématologie et en microbiologie utilisées à l’époque dans le domaine le plus important, celui de l’analyse médicale, C’est ainsi que, en 1965, fut créé une formation de niveau inférieur centrée sur le domaine le plus demandeur, le domaine médical, le **brevet** **de technicien en Biologie** (Arrêté du 15 avril 1965).

Si le positionnement des BTS resta désormais quasiment stable, celui de ce nouveau brevet sera rapidement modifié du fait de la politique d’intégration de l’enseignement technique au système de l’enseignement général de l’époque : après la création générale, du **Baccalauréat de Technicien** (décret du 10 juin 1965), fut créé dans ce nouveau cadre le **Baccalauréat de Technicien biochimie** en 1968 (arrêté du 1er avril 1968) qui était d’un niveau inférieur à celui du BTS biochimiste. Cette formation était centrée sur la microbiologie et la biochimie et était plus généraliste. Ces deux formations connaîtront une existence éphémère une existence éphémère puisque, rassemblées sous un même vocable, elle donneront naissance en 1970 au **Baccalauréat de technicien sciences biologiques** avec 2 options : **option biochimie[[79]](#footnote-79) (F7)** et **options biologie (F7 bis)[[80]](#footnote-80)** (arrêté du 15 décembre 1969 modifié par arrêté du 10 décembre 1970).

Cette formation "de biologie" (notée de niveau IV à partir de 1967) est centrée l’une sur la recherche et, accessoirement, à cette époque, l'industrie (microbiologie industrielle en plus des sciences physiques et de la chimie biologique), et l’autre sur l'analyse médicale (microbiologie, hématologie, sérologie, parasitologie, histologie en plus des sciences physiques et de la chimie biologique). L’idée générale était celle d’un enseignement des techniques de base (les « techniques simples » envisagées précédemment), bien que des techniques nouvelles aient commencé à faire leur apparition. Leur reprise et leur approfondissement était prévu au niveau des deux BTS qui correspondaient aux deux options,

Cette formation ainsi structurée restera en place jusqu’en 1992 avec une révision des programmes en 1982.

Dans la première période entre 1971 et 1982, la formation a été réellement strictement centrée sur la profession. Elle fournissait certes les bases théoriques permettant de comprendre le sens et les limites des diverses opérations techniques effectuées dans ce cadre mais l’essentiel était la formation pratique au laboratoire. Les techniques, essentiellement manuelles, figurant dans les programmes étaient textuellement celles utilisées dans le milieu professionnel à la fin des années 60 ne différaient que très peu de celles utilisées avant-guerre.

Dans un second temps, à partir de 1982, la poursuite d’études a prévalu sur cet objectif professionnel bien que ce dernier reste présent. Contrairement à la période précédente, les programmes de première et de terminale étaient individualisés et, par exemple en biochimie, si les techniques étaient les mêmes techniques professionnelles que précédemment, l’état d’esprit du programme et des commentaires visait à une certaine maîtrise et réflexion sur les opérations techniques. C’était le signe avant-coureur de la sortie définitive de la finalité professionnelle.

On peut être surpris par un certain immobilisme au niveau des contenus durant la dernière décennie : les opérations techniciennes réalisées dans le milieu professionnel consistaient souvent en la mise en œuvre répétitive en routine[[81]](#footnote-81) des méthodes techniques simples. Celles-ci étaient donc encore longtemps manuelles même si, en fin de période, la généralisation des spectrophotomètres automatisés et l’apparition des automates de biologie médicale commençait à détrôner l’utilisation d’appareils incontournables en début de période tels que la balance de précision et le colorimètre.

#### B – Ouverture des CPGE[[82]](#footnote-82)

Sous l’égide de Lionel STOLERU (Secrétaire d’Etat chargé de la condition des travailleurs manuels de 1974 à 1978) furent créées des classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) réservées aux élèves titulaires de baccalauréats techniques (Arrêté du 14 décembre 1977).

Furent ouvertes en 1977, à Paris, à Strasbourg et, en 1978, à Toulouse, trois classes préparatoires aux grandes écoles (CPGE) permettant à des étudiants sélectionnés d’avoir accès aux écoles du groupe de l’institut national agronomique ainsi qu’aux écoles vétérinaires.

#### C – L’ouverture la production industrielle : des formations de plus en plus spécialisées

Le développement des productions industrielles relevant de la biologie a amené à la création de formations de niveau III spécifiques.

La première est celle du **Brevet de Technicien Supérieur Biotechnologie.** Il est issu d’une réflexion sur une évolution du programme du BTS biochimiste en rapport avec le développement d’un nouveau domaine : celui des biotechnologies. La création en 1979 à Strasbourg de la société Transgène[[83]](#footnote-83) spécialisée dans le génie génétique a été, en ce sens, un élément déterminant d’ouverture vers le monde industriel, c’est à dire d’une production en grand volume. Ouvert dès 1984 à Paris et Strasbourg, mais officiellement créé en 1986 (ce, à titre provisoire …), il forme à la partie « recherche et développement » de « procédés » exploitant les nouvelles possibilités offertes par le génie génétique.

La seconde, créé en 1992, est celle du **Brevet de Technicien Supérieur Métier de l’eau** : il s’agit d’une formation à la conduite des équipes dans les usines de production d’eau potable ou industrielle, à la gestion des unités de dépollution des eaux résiduelles ou industrielles.

Enfin il faut inclure ici un troisième BTS relevant de ce même esprit qui, s’il a été créé peu de temps après la période considérée, se situe dans la continuité des précédents et doit donc être abordé avec eux, le **Brevet de Technicien Supérieur Qualité dans les industries alimentaires et bioindustries**, Il répond, en effet, au développement de préparation alimentaire à l’échelle industrielle liée à de nouvelles habitudes alimentaires en relation avec, entre autres de nouvelles conditions de travail.

La création de nouvelles formations, quelles soient de niveau IV ou III, ne se limite pas au seul aspect institutionnel : il faut, ce plus et même surtout, envisager les modalités de leur mise en œuvre. Vu la nouveauté des objectifs annoncés, et donc le manque d’expérience dans ces domaines, cette mise en œuvre a dû mobiliser la créativité tant des autorités administratives que pédagogiques ainsi que celle des formateurs.

### 3 3 2 –La mise en œuvre des formations : locaux spécifiques et formateurs pionniers

La mise en œuvre de ces formations réalisée, vu les besoins, dans des établissements de plus en plus nombreux a nécessité la mise en place d’un enseignement centré sur le travail de laboratoire. Un tel travail nécessitait non seulement la création de locaux spécifiques mais également des formateurs opérationnels ainsi qu’un nouveau type de personnels techniques assurant la gestion matérielle au jour le jour de laboratoires.

#### A – De nouveaux établissements

Devant le constat, au niveau national, du besoin de personnel technique, la création des brevets de technicien de biologie, fut rapidement suivie par leur mise en place, sous la supervision de l’Inspection Générale (Monsieur OBRE), dans un certain nombre de nouveaux établissements publics. Il en fut de même, mais en moins grand nombre, pour les BTS AB et BC qui restèrent longtemps limités à un petit nombre d’établissements. Comme on le verra dans ce qui suit, des formations se sont également ouvertes dans des établissements privés confessionnels ou non. Faute de la conservation d’archives dans les établissements publics (ou d’accès à ces archives), il est difficile d’en restituer une chronologie un tant soit peu complète.

Cependant, vers le milieu des années 70, d’après le document publié dans L’OPERON (4,1977, n°2 p. 27)[[84]](#footnote-84), revue des professeurs de la spécialité dont il sera question plus loin, on comptait environ une quarantaine d’établissements dans laquelle se trouvaient des formations de biologie technique niveaux IV et III. Dans la mesure où l’association n’était pas encore présente dans tous les établissements, et qu’il n’était fait mention ni du type ni du niveau on ne peut que faire une extrapolation, on peut estimer, par extrapolation, que 1/4 à 1/3 étaient des formations F7 - F7 bis, l’essentiel donc étant des sections F8. Ceci correspondrait à une douzaine d’établissements ayant une formation de laboratoire niveau IV avec l’idée que seuls un petit nombre possédait des **BTS Analyses Biologiques** et/ou **Biochimiste**. Par contre, d’autres, toujours en petit nombre possédaient un **BTS diététique**.

Cette répartition peut être néanmoins précisée dans un document de 1983 dans la même revue[[85]](#footnote-85) sur les effectifs F7 – F7bis et F8. Il indique, outre une augmentation des effectifs à partir de 1978, la répartition des sections niveau IV et III en métropole et outremer.

Cette même revue a publié la situation en 1983.

Nombre d’établissements publics et privés assurant une formation de biologie technique

OPERON, 1983, IX, n° 3

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Formation | Niveau | Public | Privé |
| F7 | IV | 46 | 18 |
| F7’ | IV | 39 | 9 |
| F8 | IV | 196 |  |
| BTS Analyses biologiques | III | 8 | 9 |
| BTS Biochimiste | III | 6 | 4 |
| BTS Diététique | III | 5 ( ?) |  |
| CPGE TB’ | Est | 2 + 1 |  |
| DELAM | III | 10 |  |
| IUT | III | 19 |  |

L’analyse de la situation de 1983 est intéressante dans la mesure où elle correspond à

On y voit que :

* le nombre d’établissements ayant des formations F8 est très largement supérieur à celui ayant une formation F7 – F7’ : il s’agit là d’une situation qui se maintiendra jusqu’à maintenant
* le nombre d’établissements publics et privés ayant des formations de laboratoire de niveau IV a quasiment été multiplié par 6 avec davantage de formations F7, plus généralistes ; n’apparait pas dans ce tableau le fait que les établissements les plus importants possèdent les formations F7 et F7’
* rares sont les établissements ayant des formations de niveau III de l époque (BTS Analyses biologiques, biochimiste et diététique) : seuls quelques établissements se sont ajoutés aux lycées « historiques », anciennes Ecoles Nationales Professionnelles féminines transformées en lycées techniques.
* Le BTS Diététique n’était pas forcément présent dans ces mêmes établissements, mais plutôt dans des établissements de formation uniquement sociale (Vichy ainsi que le Lycée de la rue Corvisart à Paris, par exemple[[86]](#footnote-86)) dans lesquels il n’y avait pas de formations de laboratoire.
* si ce tableau prend en compte les CPGE TB’ créées dans les deux établissements de l’Education Nationale les plus importants de l’époque, il ne prend naturellement pas encore en compte les BTS « industriels » créés ultérieurement.

Dans tous ces établissements, il a fallu aménager des locaux …

#### B – Un nouveau type de locaux : aménagement et fonctionnement

Une fois reconnue la nécessité d’un travail professionnel en groupe d’atelier, la création de ces formations de biologie technique implique non seulement la création de locaux adaptés mais encore de prévoir leur fonctionnement au quotidien tant au niveau matériel qu’à celui des personnels en assurant l’entretien et, avec le temps, la maintenance d’appareils de tous types.

##### 1 – La création de locaux adaptés : les laboratoires et halls techniques

La circulaire du 21 décembre 1979 précise que " dans le secteur industriel "... " les enseignements d’ateliers et de chantiers ainsi que les travaux pratiques seront dispensés par groupes comportant un effectif de 12 à 15 élèves "[[87]](#footnote-87).

Qu’ils soient ou non spécialisés[[88]](#footnote-88)l (initialement, microbiologie, hématologie, biochimie) hall techniques), la caractéristique essentielle de ces laboratoires était la présence d un certain nombre de paillasses, surface plane en un matériau résistant à la chaleur et aux produits chimiques, offrant, assez rapidement en face à face avec une séparation constituée par une vitre de protection. Elles comportaient 2 à 4 postes de travail d’environ 1,50 m. A chaque poste de travail pouvait se trouver, à demeure ou occasionnellement, un instrument (microscope, appareillage de distillation, …). Un placard sous la paillasse ou un casier mobile dans une armoire à proximité contient la verrerie courante adaptée à la spécialisation du laboratoire. Sur des paillasses latérales, le long de fenêtres, par exemple, peuvent se trouver divers appareillages collectifs (étuves, bains-marie, colorimètres présents en permanence dans la salle) ou les solutions nécessaires à la manipulation du jour. La construction de halls techniques pour les BTS clairement orientés vers l’industrie créés après 1986 imposait d’autres contraintes liées à la présence de machines semi-industrielles : espace suffisant, respect des règles de sécurité (pièce en mouvement, équipement électrique). Pour le **Brevet de Technicien Supérieur Qualité dans les Industries Alimentaires et bio industries** **(BTS QIAB)**, il a été nécessaire de créer un laboratoire d’analyse sensorielle.

L’installation d’un laboratoire, et a fortiori de plusieurs laboratoires et/ou d’un hall technique, nécessite beaucoup, d’espace (surface et hauteur). Leur installation dans des établissements anciens et souvent historiques situés au centre-ville n’est pas sans poser problème : la solution généralement adoptée est l’abandon des locaux existants et la reconstruction d’un nouvel établissement en périphérie de la ville. Ainsi rares sont, actuellement, les établissements situés au centre-ville.

##### 2 – Le fonctionnement des laboratoires

Les locaux (salles de classe classique, et même salles de travaux pratiques de sciences physiques ou naturelles) ne suffisent pour assurer les formations : il faut qu’ils soient non seulement équipés en matériels spécifiques mais aussi que des personnels également techniques en assurent non seulement l’entretien mais encore le bon fonctionnement avec la nécessaire mise en place des divers réactifs et matériels nécessaires aux manipulations.

La grande question aura été, dès le début, la nécessité incessante de justifier auprès de l’administration des établissements (intendance) l’octroi de crédits souvent jugés démesurés : de petites quantités de produits achetés fort chers, mélangés et ensuite jetés (sans parler des rejets de produits toxiques (ion mercuriques, colorants divers, ) dans l’évier… Si l’ouverture de nouvelles sections était accompagnée d’une enveloppe budgétaire forfaitaire issue, à cette époque, du Ministère et supervisée par l’Inspection Générale, beaucoup d’énergie a dû être dépensée pour faire comprendre que le coût de ces sections était encore plus élevé qu’en chimie (produits chimiques spécifiques, appareillages et consommables qui commençaient à apparaître) et que des budgets de fonctionnement substantiels et croissants du fait de la sophistication des manipulations (nécessité de produits chimiques non plus de qualité « technique », mais désormais, par exemple, pour l’enzymologie, RP (rigoureusement purs[[89]](#footnote-89)), enzymes, substrats, sérums et produits biologiques divers). Un début de reconnaissance de la spécificité de nos formations du point de vue financier mettra du temps à se mettre en place.

Pour l’entretien des locaux de surface importante, pour la gestion du matériel (mise en place spécifique pour chaque manipulation, rangement et entretien) et la préparation des réactifs[[90]](#footnote-90), il était également nécessaire de recruter un personnel technique spécifique. Selon leurs qualifications et responsabilités, ces personnels de catégorie B, C et D étaient, initialement divisés en « garçons de laboratoire » (catégorie initialement D puis C), « aide-technique » (catégorie initialement D puis C), « aide de laboratoire » (catégorie C), puis, du fait de la sophistication des matériels et de l’étoffement des équipes liées à l’ouverture de nouvelles formations de « techniciens » (catégorie B) chargés, entre autres, de fonctions d’encadrement.

#### C – Des formateurs devenus opérationnels

Les conditions de travail ont beaucoup évolué au cours de cette période : les premiers temps – de 1963 à 1978 – furent, à beaucoup de points de vue, ceux de « pionniers » avec tout ce que cela comporte d’incertitude : solitude, découverte mais exaltation de découvrir et de mettre en place un enseignement nouveau bien reçu par les élèves de l’époque. Dans les périodes suivantes (schématiquement 1978 à 1984 et 1984 à 1992), certains aspects de cette situation « pionnière » continueront à être vécus par les professeurs qui « ouvraient des sections » alors que ceux qui avaient déjà vécu la première constataient, en ce qui les concernait, une mise en place d’une structuration pédagogique assez semblable à celle actuelle, aux évolutions techniques près.

Cette structuration doit beaucoup à l’encadrement des formateurs, à savoir au corps d’inspection, qui se mit progressivement en place sous la direction de Monsieur OBRE. Il s’agit de Claude AUDIGIE, nommé IA-IPR en 1971 puis IGEN en . . Jean FIGARELLA nommé en .. , Jean CHERPRENNET, Guy LEYRAL, …

##### 1 – Une période pionnière (1963 – 1977)

Cette période n’a, en fait, concerné pour les formations de laboratoire, que les rares établissements[[91]](#footnote-91) comportant des brevets de techniciens de biologie et des **BTS analyses biologiques**, **biochimiste** et **diététique**[[92]](#footnote-92).

Dans les premières années les enseignants nouvellement formés (capétiens A2 Chimie physiologie jusqu’en 1971 puis A3 Biochimie option Biochimie -Microbiologie et agrégés Physiologie Biochimie), ont remplacé les formateurs universitaires (médecins et pharmaciens) qui, jusque-là, assuraient les cours théoriques alors que la formation de laboratoire était encadrée par les professeurs techniques adjoints déjà évoqués. La formation universitaire (faculté des sciences) était initialement centrée sur la chimie et sur la physiologie. La chimie biologique – toute centrée sur les connaissances théoriques - était déjà présente, mais cette discipline, devenue biochimie en 1968, devint, avec le temps, fondamentale. La microbiologie ne fut enseignée de manière substantielle (microbiologie systématique à orientation médicale), à l’ENSET[[93]](#footnote-93), qu’à partir de 1972[[94]](#footnote-94). Le détail et la pratique des techniques professionnelles utilisées, en particulier, dans la sphère médicale étaient totalement inconnus de ces jeunes professeurs. Rares étaient les documents, et la quête non seulement de protocoles mais également du tour de main nécessaire à leur mise en œuvre dans des conditions satisfaisantes était cruciale. Les professeurs techniques adjoints[[95]](#footnote-95) et professeurs techniques ont pu jouer un certain rôle dans la transmission des savoirs professionnels.

Consciente de cette situation, l’administration, sensibilisée par l’Inspection a organisé, à partir de 1972, , par l’intermédiaire du Centre d’Etudes et de Recherche de l’Enseignement Technique (CERPET), dans les premières années ainsi que plus tard, lors de l’ouverture des nouveaux (BTS Biotechnologie) des stages dans des laboratoires universitaires spécialisés en biochimie, microbiologie, hématologie ainsi que des rencontres pour mieux cibler la limite de programmes jugés très vastes. Après cette période, le CERPET (devenu en 1978 ( ?) DPE-13) continuera à financer des stages de formation pour les professeurs de notre domaine (Stages RHONE POULENC 1988, par exemple).

Les premiers stages organisés par le CERPET[[96]](#footnote-96)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Année | Lieu | Contenus | Référence |
| 1968 | Ecole Nationale Vétérinaire d’Alfort | Microbiologie - Hématologie | OPERON I 1\_1973 p.25 |
| 1969 | Institut Pasteur  Lille | Microbiologie - Immunologie |  |
| 1969 | Faculté des Sciences de Caen | Immunologie |  |
| 1970 | Faculté des Sciences de Caen | Microbiologie alimentaire |  |
| 1970 | Institut Pasteur  Lille | Microbiologie – Hématologie  Parasitologie |  |
| 1971 | Institut Pasteur  Lille | Sérologie – Immunohématologie  Parasitologie |  |
| 1971 | ENSET Cachan | Initiation aux techniques biologiques |  |
| 1971 | IUT de Dijon | Biochimie |  |
| 1972 | IUT de Dijon | Biochimie |  |
| 1972 | Institut Pasteur  Lille | Bactériologie alimentaire - Bactériologie médicale – Hématologie - Parasitologie |  |
| 1972 | ENSET Cachan | Initiation aux techniques biologiques (suite) |  |
| 1973 (4 – 7 septembre) | Lille (Institut PASTEUR) | Bactériologie médicale  Microbiologie alimentaire  Hématologie  Immunologie |  |
|  |  |  |  |
| 1981 | Grenoble | Aménagement des programmes des classe de seconde  (stage académique Mme DREVET, IA – IPR) | OPERON VIII 2\_1982 p.39-40 |
| 1982 | Dijon | Productions audiovisuelles  (stage académique M CHERPRENET, IA – IPR) | OPERON VIII 2\_1982 p.40 |
| 1982 | Caen | Productions audiovisuelles  (stage académique Mlle CLERGUE, IA – IPR) | OPERON VIII 2\_1982 p.40 |
|  |  |  |  |

Prise en charge CERPET (DPE-13) incertaine

C’est, sans doute, encore ce sentiment de solitude pédagogique qui a été à l’origine, au cours du stage CERPET de Lille en 1972, de la création à Lyon de l’Union des Professeurs de Physiologie Biochimie Microbiologie (UPBM)[[97]](#footnote-97). Cette association toujours active[[98]](#footnote-98) a, depuis ce moment, regroupé la plupart des enseignants de la discipline. Elle publie une revue trimestrielle, L’OPERON, dans laquelle figurent des informations pédagogiques, des articles de synthèse écrits par des scientifiques qui acceptaient de nous aider, des exercices et les informations concernant la vie associative, en particulier les comptes-rendus de l’assemblée générale annuelle. Consciente de son faible poids numérique au sein de l’éducation nationale, cette association a toujours travaillé, autant que faire se peut, en synergie avec le corps d’inspection afin que soit représentée, dans la mesure du possible, la discipline auprès de l’administration centrale lors de l’élaboration des réformes.

La bibliographie était à l’époque inexistante et en tout cas inadaptée. Un certain nombre de cours polycopiés, le jour, en particulier en microbiologie. Ceux rédigés par le Docteur BOURDON et Madame Nelly MARCHAL furent ensuite édités. … Toujours en microbiologie, une collection fut créée au CRDP d’Aquitaine sous la direction de Jean FIGARELLA et Guy LEYRAL (microbiologie). Au début des années 1980, un éditeur d’ouvrages médicaux, DOIN Editeurs, lança une collection d’ouvrages de biologie appliquée (microbiologie, générale, Travaux dirigés de biochimie, ….)

##### 2 – L’accès aux écoles d’ingénieurs (1977 à 1984)

Cette période s’inscrit, en ce qui concerne les formations niveau IV et III, dans une certaine continuité de ce qui précède avec l’ouverture de nouvelles sections. Elle est également caractérisée par la prise de conscience de certains formateurs, aidés en cela par les visites des lieux de stage des étudiants de BTS, de la non prise en compte des dernières connaissances scientifiques et de l’obsolescence de la majorité des techniques simples figurant encore au programme. C’est seulement dans la période suivante qu’une réaction viendra mettre un terme à ce manque, ce au niveau III.

Cette période aura néanmoins connu une nouveauté avec l’ouverture des classes préparatoires aux grandes écoles Technologie et Biologie (CPGE TB’)’ permettant aux bacheliers technologiques l’accès aux grandes écoles agricoles et agronomiques. Cette ouverture a sans doute eu peu d’influence sur l’attractivité immédiate des sections auprès des parents d’élèves mais elle a constitué la dernière phase de l’institutionnalisation des formations.

Il s’agissait d’amener, en 2 ans voire 3 ans, des bacheliers technologiques de bon niveau et motivés[[99]](#footnote-99) à un niveau théorique tel qu’ils puissent franchir avec succès les épreuves d’un concours plus ou moins aménagé[[100]](#footnote-100) comportant des épreuves de mathématiques, sciences physiques, technologie, français, langues … En ce qui nous concerne, la technologie était divisée en technologie biologique (microbiologie) et technologie biochimique (techniques de séparation des molécules biologiques, automatisme et enzymologie). Les deux épreuves du concours (2 heures chacune) étaient des dissertations technologiques sur un sujet général (une méthode d’étude).

Classes peu nombreuses mais difficulté du concours lié à des non aménagements et au nombre de places offertes limitées.

##### 3 – Un renouveau pédagogique au niveau des BTS (1984 – 1992)

Si, dans l’ensemble, les programmes et la pédagogie mis en œuvre au niveau de l’enseignement niveau IV ne subirent pas de modifications notables dans leur lettre, l’esprit commença à changer dès la rénovation des programmes de 1986 avec l’apparition en plus de la finalité professionnelle d’une « culture scientifique ». C’est au niveau des BTS que le renouveau pédagogique va se faire sentir avec, d’un côté, l’ouverture à l’aspect industriel qui se manifeste par la création de nouveaux programmes et, de l’autre, à l’occasion de la mise en œuvre de la délivrance de BTS par unités capitalisables lors de la rénovation de la rénovation du BTS AB de 1986.

###### a – Les nouveaux BTS industriels

Si l’ouverture au monde industriel a commencé dès 1963, avec la création du BTS Biochimiste, celle-ci, en fait, concernait quasiment uniquement ce qui était réalisé au seul laboratoire de biologie au sein d’un site de l’industrie agro-alimentaire (brasseries essentiellement) eou pharmaceutique. Tel ne sera plus le cas avec ses nouveaux BTS où la formation devra être étendue à ce qui concerne la connaissance théorique, dans certains cas pratique, de tout ou partie du processus industriel. Ainsi cette évolution, cette sortie du laboratoire a nécessité tant une adaptation des locaux comme cela a été évoqué précédemment avec la mise à disposition d’appareillages parfois « demi grand » et une autre au niveau de la pédagogie. Ces adaptations seront variables en fonction du thème du BTS considéré. Elle nécessitera également un complément de formation de la part des enseignants.

a1 – BTS Biotechnologie

C’est au niveau du BTS Biotechnologie que se fit la première ouverture au « process » dans sa globalité. Cette notion est issue de travaux initiés dès le milieu des années 1970[[101]](#footnote-101) d’adaptation des concepts du génie chimique à la fermentation sous le vocable de génie fermentaire, terme qui sera repris au niveau du programme et voulant dépasser la « microbiologie industrielle »[[102]](#footnote-102) enseignée dans le BTS Biochimiste. Ce génie fermentaire sera une composante du génie biologique qui, pour nous, comprenait également le génie enzymatique et le génie génétique. Ces dénominations resteront quasiment en l’état jusqu’en 1998.

A un programme de sciences physiques et de mathématiques conséquents est donc ajouté un cours de génie biologique, sans parler de l’informatique, de l’économie gestion et de l’incontournable anglais (épreuves écrites et orales à l’examen). S’il est bien question ici d’industries, cette formation est pensée en termes interdisciplinaire de recherche et développement et non directement termes de suivi de production[[103]](#footnote-103).

Dans le contexte de l’époque, d’abord la conception puis la mise en œuvre du BTS Biotechnologie ont constitué une sorte de révolution : le mélange de considérations théoriques de disciplines diverses (biochimie, microbiologie, sciences de l’ingénieur) avec celles des impératifs de production tant au niveau du temps nécessaire pour ce faire et du respect des conditions de sécurité et de l’environnement.… Le nouvel état d’esprit caractérisé, jusque dans les conditions d’examen, par un enseignement théorique et pratique pluridisciplinaire jusqu’en 1998 et aura servi en quelque sorte de modèle pour les deux autres BTS créés ultérieurement.

Il s’agissait d’une formation qui avait la réputation d’être, du fait de sa pluridisciplinarité et de l’introduction de sciences de l’ingénieur, difficile mais les étudiants diplômés, peu nombreux dans les premiers temp et désormais formés à la manipulation de l’ADN, aux cultures cellulaires, soit trouvaient facilement du travail dans les laboratoires publics et entreprises privées, soit poursuivaient, la plus par du temps, brillamment, des études à l’université.

a2 – BTS Métiers de l’eau[[104]](#footnote-104)

La formation a été créée en 1992 Les Techniciens Supérieurs Métiers de l’Eau sont les professionnels qui conduisent les usines de production d’eau potable ou industrielle, qui gèrent   les unités de dépollution des eaux résiduaires urbaines ou industrielles. Ils participent aussi à la mise en place de l’assainissement non collectif. Ils interviennent au sein de bureaux d’études pour la conception des ouvrages, pour le suivi de chantier. Ils suivent l’évolution de l’entretien des réseaux hydrauliques, Les techniciens pilotent les automates, des machines sophistiquées qui gèrent le démarrage des pompes pour remplir les réservoirs par exemple.

Ce sont des métiers polyvalents et très variés, en terme d’activités professionnelles mais aussi de contexte d’emploi.

Le Technicien Supérieur Métiers de l’Eau peut interpréter toutes les analyses chimiques et microbiologiques utiles aux bons réglages et fonctionnement de toutes ces installations.

a3 – BTS Qualité dans les industries alimentaires et bioindustries

Le développement de nouvelles habitudes alimentaires[[105]](#footnote-105) a conduit au développement et à la généralisation d’une production de préparations en dehors de la sphère privée, ceci en plus ou moins grande quantité. Celles-ci font l’objet d’une réglementation d’autant plus stricte que la production est importante. Ceci s’inscrit dans une démarche de qualité[[106]](#footnote-106) dont est responsable, au sein de l’entreprise, un responsable qualité ayant, selon la taille de l’entreprise un niveau de qualification III, II ou I.

Pour ce faire, le qualiticien doit connaitre la réglementation, les bonnes pratiques de production et de ses contrôles, les attentes des clients, la stratégie de l’entreprise.

**BTS créé en 1992**

###### b – Le Brevet de Technicien Supérieur Analyses biologiques, pionnier d’une évolution pédagogique

C’est peut-être parce qu’il est le plus Le brevet de technicien supérieur Analyses Biologiques aura été le seul à connaître, durant cette période, une évolution pédagogique significative. Elle servira, dans la période suivante, de modèle pour les autres BTS du secteur.

On peut en voir l’origine dans son inclusion dans plusieurs contextes visant à une actualisation à une meilleure définition des contenus de formation et à de meilleures conditions d’accès au diplôme :

* un contexte institutionnel lié croissance continue du nombre de classes préparatoires, que ce soit dans l’enseignement public ou privé
* un contexte technique lié à la nécessité de s’adapter à des performances techniques en constant progrès
* un contexte professionnel liée à l’investissement du milieu patronal et du milieu les employait via leurs syndicats respectifs.

Comme on l’a vu précédemment, le brevet de technicien créé en 1954 a été transformé en brevet de technicien supérieur en 1963 sans que le programme de mise en œuvre de techniques simples soit modifié. De nouvelles publications de ce programme en 1973 n’apporteront pas de modifications dans le domaine des matières professionnelles ; seuls les « les buts de l’enseignement » seront précisés en ce qui concerne le français, langue vivante les mathématiques. En 1980 un arrêté précisera la délivrance par unité de contrôle candidat représentant au titre de la promotion sociale sans que les programmes des matières professionnelles soient modifiés.

Quel bilan faire de cette première période, celle d’un d’enseignement à finalité professionnelle ? ’

Cette période est celle de l’institutionnalisation de nouvelles formations en rapport à une demande nouvelle dans le domaine de la biologie, principalement médicale. Très liées à l’état des techniques, ces formations sont rapidement reconnues au moins au niveau du baccalauréat (futur niveau IV). Le travail technique est un travail individuel et artisanal nécessitant une habileté manuelle et, souvent, un tour de main. En fin de période, l’automatisation de certaines tâches fait son apparition.

Des centres de formation se développent progressivement, d’abord dans les grandes villes pour ce qui deviendra le niveau III, puis, pour le niveau IV, dans des zones de forte population. Ceci a nécessité la mise en place de laboratoires, locaux nécessitant des organisations spatiales et pédagogiques particulières. La nouveauté de telles installations, leur coût de construction et de leur fonctionnement en terme de personnels et de budget doivent être souvent âprement justifiés.

Il faut souligner, dans les premiers temps de cette période, la proximité des programmes et de la pratique professionnelle en place ; celle-ci était liée à l’utilisation de techniques (souvent chimiques et/ou microscopiques) simples dont le principe et l’apprentissage (transmission du tour de main) pouvait être facilement assimilé, ce qui amenait à ce qui pouvait être ressenti comme une grande  « efficacité pédagogique ». De plus, le cours magistral régnait en maître et les élèves / étudiants, assumaient un choix personnel souvent motivé par un intérêt pour une approche expérimentale. Celle-ci s’avérait assez facilement maîtrisable. Ainsi pouvait-on penser atteindre une bonne maitrise de ces techniques et de leurs principes.

Du fait de l’accroissement de la demande de techniciens, la grande majorité des élèves diplômés de niveau IV, rentre immédiatement dans la vie professionnelle, les autres poursuivant leur formations en BTS ou IUT. Rares sont ceux (essentiellement titulaire du baccalauréat F7, plus théorique) qui osent « franchir le pas » pour s’inscrire dans les classes de CPGE nouvellement crées. Celles-ci font peur dans la mesure où, à cette époque, le concours et, en amont, les programmes ne tiennent que trop peu compte du *back ground* de ces étudiants. La situation est à peu près la même pour les étudiants titulaires d’un BTS. Les poursuites d’étude après le BTS à l’université (sciences, médecine, …) sont relativement exceptionnelles mais concernent des étudiants particulièrement brillants qui se trouveront souvent en tête de promotion et auront des carrières tout à fait semblables à ceux ayant emprunté une voie initiale plus classique.

En fin de période et en ce qui concerne le niveau IV, le décalage croissant entre l’esprit des formations – être au plus près des techniques utilisées dans le milieu professionnel – et la lettre – des programmes recensant des techniques désormais anciennes et des formulations vagues concernant des techniques à forte composante physique - une évolution se trouvait nécessaire. L’impulsion fut indirecte et vint, dès le début des années 1980, des promesses attendues, principalement au niveau industriel, de la généralisation des techniques du génie génétique, une des composantes d’une discipline nouvelle , le génie biologique. Ce fut, au niveau III, la création du BTS Biotechnologie, emblématique de ce renouveau, puis celle de nouveaux BTS à visée industrielle. Cette évolution se poursuivra, plus tard, au niveau IV, dans le cadre de la mise en application de la « loi de programme » de 1985 reconnaissant l’enseignement technologique et professionnel comme contribuant à l’élévation du niveau général de qualification et à la modernisation de l’économie nationale. En ce qui nous concerne, il faut noter le remplacement du terme technique par technologique, avec toutes les conséquences que cela implique, c’est-à-dire une formation plus généraliste qui sera mise en œuvre à partir de 1992.

## 3 4 – Une formation désormais généraliste (1992 – 2018)

La biologie a été le seul champ disciplinaire à subir cette sorte de double vague d’innovations, tant au niveau technique que conceptuel, qu’a constitué d’abord, dans l’après-guerre, le développement de travaux de recherche concernant les protéines et l’ADN puis celle de l’utilisation de l’automatisme et de l’informatique. Ces innovations furent seulement prises en compte par la mise en place de formations spécialisées nouvelles avec une organisation pédagogique assez semblable à celles des formations existantes : seuls apparaissaient des champs disciplinaires nouveaux. C’est l’évolution dans d’autres domaines disciplinaires[[107]](#footnote-107) qui fit prendre conscience aux autorités de la nécessité d’une augmentation des niveaux des formations « techniques » en général et, en ce qui concerne le second degré, de différencier entre enseignement technologique et professionnel. Ainsi la loi programme du 23 décembre 1985[[108]](#footnote-108) instaure un nouveau cadre institutionnel et, par l'apparition d’un terme nouveau, celui de compétences, ce qui nécessite la mise en d’un nouveau cadre, cette fois ci, didactique.

### 3 4 1 – Un nouveau cadre institutionnel

La loi programme du 23 décembre 1985 porte sur « l’enseignement technologique et professionnel ». Elle vise à assurer cette « élévation générale des connaissances et des niveaux de qualifications ». Elle fait suite à la loi de d’orientation sur l’enseignement technologique de 1971 déjà citée[[109]](#footnote-109) mais est d’une tout autre ampleur dans la mesure où elle introduit des concepts novateurs sur le plan pédagogique. C’est sans doute à cause du fait que la mise en place d’une telle réforme a constitué un chantier beaucoup plus important, qu’il faudra attendre 1992 pour que soient publiés les nouveaux programmes des classes de première et terminale de la nouvelle série consacrée au laboratoire, pour nous STL option biochimie - génie biologique.

#### A – Une loi particulièrement innovante

Cette loi de 1985 instaure un enseignement technologique supérieur (Titre III) (Université technologique) , et une séparation entre deux types d’enseignement dont les objectifs sont précisés, respectivement, dans les articles 6 et 7. S’ils ont tous deux comme objet de « *dispenser une* ***formation générale*** *de haut niveau »,* celle-ci est vue dans l’article 6[[110]](#footnote-110) qui concerne l’enseignement technologique du second degré, comme incluant « *l’****acquisition de connaissances et de compétences techniques et******professionnelles***»[[111]](#footnote-111), permettant la préparation à la poursuite de formations ultérieures ainsi que « la possibilité d’une entrée dans la vie active ». L’article 7, qui concerne l’enseignement professionnel, parle, lui, de « ***connaissance technique spécialisée principalement organisée en vue de l’exercice d’un métier*** » ainsi que d’une poursuite éventuelle de formation.

La nouveauté réside dans :

* la simple possibilité, pour l’enseignement technologique de permettre une entrée directe dans la vie active : il ne s’agit plus de son objectif premier ; la formation à la vie active est assurée par l’enseignement professionnel créé à cet effet ; c’est la déprofessionnalisation de l’enseignement technologique et son rapprochement avec l’enseignement général ; il s’agit d’un changement des objectifs de formation ; ces nouvelles formations ne seront cependant pas reconnues par les conventions collectives
* pour nous, le remplacement au niveau de la qualification des diplômes de niveau IV du terme « technique » par « technologique » : le baccalauréat technique sciences biologiques F7 devient le baccalauréat technologique biochimie génie biologique.

**La nouvelle loi instaure, en ce qui concerne les enseignements liés au laboratoire (niveau IV), un groupe de formations technologiques consacrées au laboratoire : les sciences et technologies de laboratoire (STL) au sein duquel se trouvent les options de physique et de chimie et de biologie (biochimie génie biologique – BGB).**

Avant de s’intéresser à la mise en œuvre des nouveaux objectifs de formation dans l’enseignement technologique devant désormais être énoncés en termes de « compétences », il faut prendre conscience de tout l’appareillage théorique qui lui est associé. C’est peut-être là, au niveau de cet appareillage, c’est-à-dire de la mise en œuvre pratique et surtout de son ressenti, que se situe le cœur de la nouveauté. Et c’est peut-être par un survol de cet appareillage théorique qu’il faut commencer …

#### B - Les compétences et les concepts associés

Tout cet ensemble se retrouve dans le terme innovateur et structurant de cette loi : celui de compétence. La prise en compte de ce qu’il implique justifie le fait qu’il ait été ressenti comme métaphorique, peut-être plus dans notre domaine que dans le domaine industriel, d’une sorte de révolution culturelle. Il impliquait de partir, non plus de la partie uniquement technique et matérielle, mais d’une analyse de la tâche à accomplir dans toutes ses composantes.

C’est en 1989 que sera publié la description et le classement des activités professionnelles (références ????) . L’ensemble de celles-ci, logiquement organisé, constitue, pour une activité donnée, le référentiel d’activités professionnelles. L’accomplissement de chacune de ces activités s’effectue par mise en œuvre de diverses fonctions[[112]](#footnote-112). Chacune de ces fonctions renvoie à un ensemble d’activités ; chacune d’entre elles nécessite un certain nombre de compétences[[113]](#footnote-113).

Le terme de compétence est d’abord une notion juridique : la compétence d’un tribunal renvoie à la détermination à la fois d’un ressort territorial et de la limite de sa capacité à connaitre une affaire. Son emploi s’est étendu à la psychologie et aux ressources humaines. Il s’agit alors de la capacité d’un individu à remplir une fonction ou à réaliser une tâche. Cette notion de compétence s’est progressivement étendue aux domaines cognitif, émotionnel social et naturellement à tous les domaines professionnels.

La notion de référentiel concerne exclusivement les formations professionnalisantes comme les CAP, bac pro et BTS mais pas les baccalauréats technologiques pour lesquels on s’appuie sur des programmes. Les compétences se retrouvent à la fois au niveau des programmes et des référentiels.

A chaque compétence correspond un certain *savoir[[114]](#footnote-114), savoir-faire et savoir être*, à traduire en termes d’action spécifique à la spécialité. À nouveau, l’ensemble de celles-ci, logiquement organisé, constitue un nouveau référentiel, le référentiel de compétences.

Une telle structuration est nécessaire pour la certification des compétences nécessaire pour deux opportunités qui se mettent en place à ce moment : la validation des acquis de l’expérience (VAE) et la demande d’équivalence d’ECTS (European Credit Transfer System) lors de poursuite d’études en licence dans une université française ou à l’étranger dans le cadre du européen ERASMUS. .

On voit que l’on est désormais en présence de tout un appareillage conceptuel qui cherche à prendre toute la mesure de ce qu’est devenue la technologie. En fait, pour notre discipline, il va s’agir du passage du vrai passage du technique au technologique.

#### C – Le passage institutionnel du technique au technologique

Comme indiqué précédemment, la loi de 1970 concernait bien déjà l’enseignement technologique, mais dans les faits, nos formations tant au niveau IV que III correspondaient à une simple formation technique, celle d’un technicien (tant au niveau baccalauréat de technicien qu’à celui du brevet de technicien supérieur) : le terme « technologique », administrativement parlant du fait de la mise en application d’une loi concernant l’enseignement technologique, n’apparaissait pas. Il aurait pu être considéré comme « publicité mensongère » car la formation est longtemps restée « technique », en congruence avec un objectif professionnel de formation consistant à former à l’accomplissement de manière répétitive de tâches artisanales bien définies, bien individualisées et limitées. Une telle situation n’était pas spécifique au laboratoire de biologie : les formations de laboratoire de physique et de chimie (baccalauréat de technicien et brevet de technicien supérieur) étaient dans la même situation, à savoir tout aussi « techniques ».

Avec la montée en puissance de l’automatisation, la technologie telle que l’on a pu la définir précédemment, s’est imposée, de fait, en suivant l’évolution de l’activité dans le milieu professionnel. Il était nécessaire que cette évolution soit inscrite dans le droit, c’est-à-dire dans les « programmes » de formation et dans l’intitulé des diplômes. La prise en compte d’un savoir-être, avec une certaine composante existentielle, va bouleverser toutes les habitudes tant au niveau de la définition des programmes qu’au niveau de la mise en œuvre pédagogique tant au niveau des séquences pédagogiques que du contrôle de la formation, sans parler des conditions de délivrance des diplômes .

### 3 4 2 – La mise en œuvre entre continuité et discontinuité

Globalement, s’il s’agit toujours de formations de laboratoire, donc dans une continuité, la discontinuité se trouve dans la modification de l’esprit des formations, ayant comme préalable une importante réflexion pédagogique tant pour ce qu’il est convenu d’appeler la « révision des programmes » que dans la mise en œuvre d’un enseignement désormais généraliste et dans le contrôle des connaissances.

Passer de la forme traditionnelle d’enseignement à la mise en pratique de cet appareil théorique aura demandé beaucoup de temps et d’énergie à tous les acteurs du système éducatif. Ceci justifie peut-être le temps qui s’est écoulé, en particulier au niveau IV, entre la publication de la loi et la publication des textes de mise en pratique (1992). Cette mise en œuvre institutionnelle celle de plus effectuer en plusieurs étapes.

D’autre part, au niveau pédagogique il a fallu combiner la nécessité d’un enseignement généraliste avec celui de la prise en compte des nouveautés technologiques.

Enfin, le contrôle et la validation des connaissances ont dû aussi s’adapter.

#### A – Une mise en œuvre institutionnelle

La mise en œuvre ces nouvelles dispositions législatives aura demandé non seulement beaucoup de temps et d’énergie en particulier au niveau de la préparation des nouveaux textes réglementaires. La rénovation des programmes est devenue une affaire beaucoup plus importante et nécessitant beaucoup plus de moyens. Du fait des différences de longueur des travaux de préparation la mise en œuvre de la réforme se sera faite en plusieurs étapes : le plus gros chantier étant celui de niveau IV, la réforme a pu d’abord concerner des formations de niveau III.

##### 1 – De nouvelles conditions pour la rénovation des programmes

Tous les programmes à finalité professionnelle sont désormais élaborés par les CPC (Commissions professionnelles consultatives). La procédure prévoit :

- l’obtention d’un accord (suite à un vote) de la CPC plénière (soit pour une rénovation soit pour une création)

- la création de groupes de travail dans le cadre de la 6ème CPC Chimie, bio-industrie, environnement ou de la 20ème CPC Secteurs sanitaire et social, médico-social. Ces groupes sous la direction de l’Inspection Générale comportent des spécialistes du secteurs professionnel, de l’EN, de l’Université, d’association (UPBM) ou de représentant syndicaux (employeurs et employés)

- Le travail des groupes est présenté en session plénière pour adoption avant de passer au ministère pour publication sous forme de textes réglementaires.

A noter que la loi d'orientation et de programmation pour la refondation de l'École de la République du 8 juillet 2013 a institué le Conseil supérieur des programmes. Ce dernier est appelé à donner des avis et à formuler des propositions soit à la demande du ministre, soit en se saisissant d’une question qui relève de ses compétences à savoir la conception générale des enseignements dispensés aux élèves des écoles, des collèges et des lycées. Ses avis et propositions sont rendus publics. Le CSP réunit des universitaires, des chercheurs, des spécialistes du système éducatif et des représentants élus de la Nation et de la société.

##### 2 – Une mise en œuvre en plusieurs étapes

Cette réforme aura été d’abord appliquée au niveau III avant de l’être au niveau IV puis rénovations permettant d’aller plus loin.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Date de l’arrêté | Formation | Création / rénovation | Niveau |
| arrêté du 6 septembre 1989 | **BTS AB** | rénovation | III |
| 1992 | **BTS métier de l’eau** | création | III |
| 1993 | **BTS QIAB** | création | III |
| 1994 | **STL BGB** | rénovation baccalauréat technique sciences biologique | IV |
| (2010)1997 | BTS AB | rénovation | III |
| 1997 | BTS métier de l’eau | rénovation | III |
| **1998** | **BTS Biochimiste** | **révision** | **III** |
| 1998 | CPGE ATS | création | III |
| 1999 | BTS QIAB | révision | III |
| 2004 | CPGE TB | Rénovation : | III |
| 25 juin 2004 | BTS BIAC | Création en remplacement du BTS biochimiste | III |
| 2006 | BTS Biotechnologies | Rénovation du BTS Biotechnologie | III |
| 2010 : | STL Biotechnologies | Rénovation / création | IV |

Il n’est pas question d’étudier ici toutes les modifications engendrées par l’application de cette nouvelle loi. C’est au niveau IV que l’état d’esprit nouveau est le plus apparent. Il se décline en deux temps. Il s’agit, d’abord, de la reconnaissance d’une formation de laboratoire avec l’instauration de la série Sciences et techniques de laboratoire (STL)[[115]](#footnote-115) du nouveau baccalauréat technologique. Ensuite c’est la création en plus des spécialités Chimie de laboratoire et de procédés industriels et de physique de laboratoire et de procédés industriels et de chimie, de la spécialité Biochimie – génie biologique (STL BGB). Bien que d’esprit différent, il s’agit, au niveau des contenus d’une synthèse des formations F7 et F7bis. La véritable transformation interviendra en 2010 avec la transformation en STL Biotechnologies.

###### a – Le baccalauréat Sciences et Technique de Laboratoire option Biochimie – Génie biologique (STL BGB - 1992)

Le programme n’en est accessible que 7 ans après promulgation de la loi. Ce délai ayant été quasiment le même pour toutes nouvelles séries de ce nouveau baccalauréat technologique, on peut penser que l’élaboration de ces nouveaux programmes, du fait du nouveau contexte décisionnel, a du nécessiter de nombreuses et longues négociations quant à la mise en œuvre tant au niveau administratif que pédagogique Le nouvel état d’esprit est, d’entrée, annoncé par une présentation générale. Sont ensuite développés des programmes disciplinaires conservant leur dénomination ancienne mais avec des instructions pédagogiques insufflant un nouvel état d’esprit didactique.

a1 – La présentation générale du baccalauréat STL BGB

Celle-ci, longue de 76 lignes, prend en compte l’évolution de la biologie ainsi que les perspectives nouvelles qui s’ouvrent. Elle met en avant :

* l’importance prise par le génie biologique et la biologie moléculaire (sans doute sous l’influence du BTS Biotechnologie)
* l’existence de débouchés au niveau IV dans les divers types de laboratoires
* la possibilité de poursuite d’études en BTS / DUT ainsi qu’en classes préparatoires aux grandes écoles d’agronomie ou d’agriculture.

Elle précise les nouveaux objectifs de formations : « permettre une insertion professionnelle » et « faire acquérir aux élèves des outils cognitifs et méthodologiques leur permettant une poursuite d’études ». Outre « inculquer des connaissances fondamentales pour une bonne compréhension de la biologie technique »et « donner une formation suffisante en sciences physiques et chimiques », il fait « consacrer une place importante aux activités technologiques, notamment dans deux disciplines fondamentales, la biochimie et la microbiologie » et « construire des activités technologiques autour de technologies transversales ». Aux enseignements généraux (non encore identifiés comme tels– 8 h sur 32,5 h en terminale), s’ajoutent, au niveau du programme, les contenus d’enseignements technologiques – 8 h sur 32,5 h en terminale - subdivisés selon leur dénomination disciplinaire classique (et donc ancienne).

a2 – Le programme des enseignements technologiques

D’une manière générale et comparé aux diverses versions du programme du baccalauréat technologique de sciences biologiques, ce programme continue à distinguer les enseignements des classes de première et de terminale, ceci pour toutes les matières. Les options biochimie (F7) et biologie (F7bis) ont disparu ce qui explique que le nouveau programme constitue une synthèse. La dénomination est désormais de STL « Biochimie – génie biologique » : elle consacre à la fois l’importance prise par la biochimie et l’ouverture aux biotechnologies. Enfin ce programme est désormais celui d’une formation qui se veut **généraliste**. Par rapport à ce qui va suivre, il ne l’est pas encore tout à fait du fait de l’importance encore accordée à l’enseignement technologique et de l’emploi finalement modéré du terme « compétence ». Cependant, le plan adopté pour la présentation du programme de chacune des disciplines technologiques (biochimie, microbiologie et biologie humaine) comprend les objectifs de formation, le programme lui-même avec indication des compétences attendues et enfin la méthodologie à mettre en œuvre avec, dans certains cas, une suggestion de répartition horaire. Il faut noter la présence de la sécurité présentée en fin de programme comme une activité clairement identifiée et transversale aux trois disciplines. Comme précédemment cours et activité technologiques en groupes d’atelier sont séparés.

S’il n’est pas surprenant qu’il n’y ait pas de différences notables, hors actualisation des connaissances et des techniques, dans les intitulés des items de cours, plus surprenant est de faire la même remarque en ce qui concerne le ***contenu des activités technologiques***. C’est sans doute dans l’incitation à une présentation et à un regroupement thématique que réside le changement : celui-ci vise sert de « faire valoir » à un apprentissage conceptuel de méthodologie, les techniques ne servant désormais que d’illustrations, de cause efficiente pour saisir une essence qui, dans ces nouvelles conditions, seule importe. Une modification de programme interviendra en 1996 : elle consiste en la suppression d’aspects purement « techniques » ne débouchant pas sur des développements conceptuels.

a3 – Les modalités d’examen

Celles-ci sont finalement également peu différentes de celles du Baccalauréat F7- F7bis en ce qui concerne les matières technologiques. Elles sont définies par un texte de 1993[[116]](#footnote-116) modifié en 1996[[117]](#footnote-117)

Il est toujours demandé à l’écrit une restitution de connaissances à partir de questions figurant au programme.

Les épreuves pratiques regroupées en « Technologies Biochimiques et Biologiques » (TBB) sont divisées en une épreuve de biochimie[[118]](#footnote-118) et une épreuve de microbiologie et biologie humaine[[119]](#footnote-119) sont précédées d’un interrogation écrite préliminaire de biochimie (30 minutes) et microbiologie et biologie humaine (30 minutes) permettant d’apprécier les connaissances concernant les principes des techniques mises en pratique ultérieurement par les candidats. Les différentes opérations techniques ne relèvent pas d’un thème unique, quoique qu’un état d’esprit « biotechnologique » se développe au cours du temps.

En conclusion, un changement par rapport à la formation antérieure au niveau de l’esprit des programmes à travers le début d’une mise en œuvre d’une didactique de compétences, celles attendues en vue de l’apprentissage de méthodologies. Les modalités d’examen restent encore très proches du baccalauréat F7 -F7bis. On peut considérer que l’on est dans une phase transitoire et le baccalauréat STL Biotechnologies va apporter des changements décisifs et aboutir à la situation telle qu’elle est aujourd’hui …

###### b – Le baccalauréat Sciences et Technique de Laboratoire option Biotechnologies (STL Biotechnologies) (2010)[[120]](#footnote-120)

La réforme est engagée sous des auspices peu favorables : les disciplines générales SVT et Physique chimie lorgnent de plus en plus sur les enseignements technologiques, le maintien des deux spécialités Biotechnologies et Physique Chimie de Laboratoire (SPCL) est questionnée au regard du peu d'attractivité du bac STL SPCL.

Sous l'impulsion des membres de l'association UPBM qui investissent les réunions de rédactions de programme, Monsieur GAVRILOVIC, IGEN, arrive à limiter l'incursion des SVT et des SPC.

De cette bataille naît un enseignement Chimie Biochimie Sciences du Vivant (CBSV). Cet enseignement qui regroupe des notions de ces trois domaines et peuvent le cas échéant permettre aux établissements de ne pas se doter d'enseignants spécialisés en biotechnologies puisqu'une prise en charge conjointe SPC et SVT peu se faire. L'UPBM milite pour qu'à la place de deux enseignants un seul issu des formations de génie biologique puisse l'assurer..

Autre révolution les disciplines de biologies appliquées : microbiologie, biochimie, biologie humaine qui étaient bien séparées sont maintenant fusionnées en un seul enseignement dénommé « Biotechnologies ».

Pour tous les enseignements le programme ne précise plus qu'une enveloppe horaire globalisée ex Biotechnologies : 10h en terminale et 8H en première., pas de consignes sur les heures en activités technologiques. Les établissements votent ensuite en CA les ventilations de Dotation Horaire Globale (DHG) qui sont difficilement négociées en conseil de discipline et conseil pédagogique.

Dans le fond du programme, les compétences font leur apparitions, avec elles disparaît celle du « savoir  restituer » à la place les élèves sont formés à la fois en pratique et en théorie à :

C1 : « s'approprier » ou « extraire »

C2 « analyser » (compétence commune pratique et théorie)

C3 « réaliser » ou « expliquer la démarche »

C4 « valider » ou « argumenter la réponse »

C5 « communiquer » ou « construire une synthèse »

C6 « travailler en autonomie »ou « expression écrite »

L'introduction de ces compétences est associée à une évaluation en trois étages : insuffisant, acceptable et maîtrisé. Ce mode d'évaluation est toujours difficile à harmoniser et à mettre en place au quotidien.

La dilution des enseignements avec le changement d'objectif des activités technologiques qui deviennent support à la théorie et non plus l'acquisition d'un savoir-faire gestuel impose une plus grande souplesse dans l'évaluation.

Avec la fusion des disciplines l'enseignement qui a complètement perdu sa professionnalisation, tend à former des élèves avec une vision globale des activités de laboratoire.

La démarche de projet voit le jour avec une interdisciplinarité théorique et pratique. Les laboratoires qui avaient été fortement spécialisés doivent devenir polyvalents.

L'objectif affiché de l’inspection était d'étendre la possibilité aux établissements d'augmenter le nombre de formation en y ouvrant des sections STL. Cependant sur le territoire on observe plus une désaffection des élèves des formations technologiques.(mettre des données).

#### B –Un enseignement généraliste : diverses modalités

Le passage au « technologique », c’est-à-dire la fin du « technique avant tout » comporte deux versants :

* un versant institutionnel visant l’acquisition de compétences relevant d’un niveau de connaissance et de réflexion compatible avec une poursuite d’étude pot baccalauréat puis un accès à l’université ou aux grandes écoles
* un versant pédagogique impliquant un renouveau didactique.

Ces deux versants se rejoignent dans :

* le renforcement de la formation théorique précédemment donnée en F7 et F7bis ainsi que l’ajout de nouveaux items au plus près des progrès technologiques
* une nouvelle didactique

##### 1 – Des compléments de formation et de nouveaux items de formation

Il s’agit à la fois de renforcer le niveau de connaissances théoriques dans des disciplines comme les sciences physiques et les mathématiques (statistiques) et d’introduire une formation conséquente sur des sujets émergeants, ne figurant pas explicitement ou de manière détaillée au programme et jusque-là seulement abordés par le professeur selon sa possibilité / volonté d’outrepasser le programme.

Même si ces nouvelles thématiques / disciplines sont présentes dans toutes les formations, quel que soit le niveau, leur développement est, in fine, variable selon les spécialités et le niveau. Cette variabilité va de la présence d’un enseignement théorique associé à une mise en pratique lors d’activités pratiques (BTS QIAB, BTS AB / ABM, …) à une simple incorporation dans le cadre d’une thématique pluridisciplinaire (STL BGB puis STL Biotechnologies).

###### a – Mesure et instrumentation[[121]](#footnote-121)

Un petit groupe d'enseignant se mobilise pour inclure dans les programme la science de la mesure, les élèves sont invités à réfléchir sur les instruments de mesure : de leur fonctionnement, leur usage, leur maintenance et sur la confiance que l'on peut avoir face aux résultat de mesure.

Des ouvrages[[122]](#footnote-122) aident les enseignants à aborder ces notions abstraites aux élèves.

Ces enseignements peinent à prendre leur place d'autant que les disputes interne aux établissements attribuent celui ci parfois à des enseignants de physique chimie.

###### b – Qualité[[123]](#footnote-123)

Dans la foulée de la métrologie, la qualité fait son apparition dans les contenus de formation. Les notions de justesse, fidélité, incertitude ont une place plus marquée dans les programmes.

La mise en place de l'accréditation dans les laboratoires d'Analyses de Biologie Médicale aide à prendre en compte l'importance de ces notions dans l'activité quotidienne.

###### c – Sécurité[[124]](#footnote-124)

L'INRS associé à l'éducation nationale avait créé un groupe Réseau Ressource Risque Biologiques (3RB) en novembre 1997. Dans la même mouvance, sont mis en place un réseau de formateurs académiques (2RB) en avril 2009 pour qu'une vraie éducation à la sécurité se mette en place dans les établissements. En lieu et place d'une démarche de prévention descendante de niveau III et II basée sur l'information et le port des équipements de protection individuelle (EPI), une révolution par l'introduction d'analyse *a priori* des risques nécessaires pour qu'une vraie prise de conscience individuelle se mette en place : les élèves / étudiants sont invités à devenir de vrais acteurs de leur prévention.

#### C – Une didactique revue

Fini, en particulier au niveau IV aussi bien qu’au niveau III, le cours théorique ou la séance de travaux pratiques dont le thème suit la progression quasiment automatiquement figurant dans le programme … En ce qui concerne le travail pratique il s‘agissait uniquement de la maîtrise d’une technique utilisée dans le milieu professionnel … Celle-ci pouvait éventuellement être répétée plusieurs fois si l’exécution n’était pas satisfaisante. …Tout ceci n’est plus à l’ordre du jour

Désormais il importe de se centrer sur les « enseignements fondamentaux », de les envisager, comme dans la vie courante, de manière pluridisciplinaire et de leur « donner du sens » lors de la réalisation d’opérations techniques en rapport à la fois avec des thématiques de la vie courante ou la vie professionnelle, et naturellement, le type de formation envisagé.

Il faut relever l’introduction, à partir du BTS Biotechnologie, de la pluridisciplinarité. Initialement généralisée au niveau des enseignements technologiques de niveau III (et de l’examen terminal) qui veulent mettre en œuvre des thématiques le plus proche possible des situations réelles, elle a été étendue au niveau IV au niveau théorique, ceci comprenant l’intervention d’enseignants d’autre disciplines comme, par exemple, les sciences physiques.

Désormais, il importe au professeur de niveau IV au sein d’un certain nombre de thématiques en congruence avec la formation de construire un plan de formation sous forme d’un ensemble de séquences pédagogiques qui, à elles toutes, couvrent l’ensemble des compétences attendues pour la formation considérée. Ainsi à chaque activité pédagogique ou d’évaluation correspond un ensemble d’actions spécifiques en relation avec une ou plusieurs capacités données.

Chaque séquence pédagogique est donc une subtile constriction qui doit tenir compte :

* de la situation dans la progression au sein du thème
* des prérequis en termes de connaissances théoriques, de savoir faire et de savoir être (compétences) antérieures
* des compétences à acquérir - ni trop (répétitions désormais inutiles), ni trop peu
* des moyens matériels disponibles
* du type de contrôle des connaissances et de validation des compétences envisagé. Certaines de ces séquences peuvent servir à la validation des compétences dans le cadre du contrôle en cours de formation (CCF). Ceci sera évoqué plus loin.

Pour les disciplines théoriques, sauf exception, le cours magistral ainsi est banni : les aspects théoriques ne sont plus abordés frontalement en ayant recours à la simple mémorisation et répétition d’un corpus construit et organisé par le professeur. Ils font désormais l’objet, après indication d’un minimum de prérequis, d’une (re)construction plus ou moins commune (travail en groupe) commune à partir d’une analyse de documents techniques décrivant des dispositifs expérimentaux et fournissant des résultats expérimentaux. Dans la pratique, et sans que cela soit énoncé explicitement, l’élève / étudiant est alors incité à reconstituer par lui-même un édifice théorique dont il aura vu séquentiellement les diverses parties. Il s’agit sans doute là d’une propédeutique à la didactique ayant cours dans l’enseignement supérieur mais elle suppose d’importantes une certaine motivation à effectuer ce travail et des capacités de synthèse qui semblent problématiques compte tenu de l’évolution sociétale.

#### D – Contrôle et validation de la formation

C’est pour répondre à l’évolution des formations que les conditions de délivrance des diplômes ont été adaptées : pour comprendre l’origine de ces nouvelles dispositions, il faut se référer à la situation antérieure et à son évolution.

##### 1 – Une organisation des examens à revoir

La délivrance du diplôme était en effet jusqu’alors conditionnée à la réussite à un examen terminal dont les modalités étaient définies de manière spécifique et par voie réglementaire sous l’autorité et la responsabilité ultime du recteur sur proposition de l’inspection générale. Cette délivrance était effectuée à l’issue d’un jury présidé par un inspecteur général ou, avec leur multiplication, un inspecteur d’académie – inspecteur pédagogique régional. La liste des admis était soumise au recteur qui en faisait l’annonce officielle[[125]](#footnote-125).

Ainsi les sujets écrits et pratiques, sujets nationaux, étaient proposés, par l’inspection générale parmi ceux élaborés par professeurs choisis à cet effet. Avec l’augmentation du nombre de centres de formation et la nomination d’IA-IPR, certains de ces derniers reçurent la responsabilité de coordonner, au niveau national, l’élaboration des sujets écrits et pratiques.

Les épreuves écrites concernant les matières techniques consistaient en une simple restitution d’un item du programme. Il s’agissait d’un exercice de mémoire et d’écriture favorisant un certain bachotage. Cette critique a dû être prise en compte pour une nouvelle définition de ces épreuves.

Les épreuves pratiques (et, dans certains cas, orales) étaient organisées dans des centres d’examen (en général les centres de formation de l’enseignement public). Les épreuves terminées et le temps nécessaire au bureau des examens du rectorat considéré pour collationner les notes, un jury se réunissait pour faire un bilan de la session d’examen, examiner les résultats des candidats et établir, le cas échéant après avoir consulté le livret scolaire, la liste des admis et des refusés. Pour les épreuves écrites, pratiques ou orales, les examinateurs (enseignants et professionnels) étaient nommés par le recteur. Ils devaient se déplacer durant le mois de juin (exception du BTS Diététique) pendant des temps plus ou moins longs ou au contraire, pour un jury, pour des temps très courts.

Une telle organisation s’avérait très difficile pour les organisateurs et pour les professeurs (impossibilité d’être à deux endroits à la fois) et également coûteux du fait de la prise en charge des frais de déplacement (initialement 1ère classe, puis seconde classe) et d’hébergement (forfaire initialement sans justificatif). Le phénomène ne fit qu’empirer du fait de la multiplication du nombre et des lieux de formation.

Les choses furent rendues plus compliquées encore avec l’introduction des épreuves pratiques pluridisciplinaires du BTS Biotechnologie. Cette complication résidait :

* dans le coût, la longueur[[126]](#footnote-126) et la (relative) sophistication expérimentale des sujets proposés qui mettaient en jeux des appareillages ou des ressources pas forcément disponibles dans tous les centres de formation. Il était parfois nécessaire de adaptations des sujets et des barèmes de notation, ceci allant à l’encontre de l’esprit de sujets qui se voulaient nationaux
* dans l’importante mobilisation tant des équipes pédagogiques ces centres de formation que de celles de nombreux professeurs visiteurs spécialistes des diverses disciplines à évaluer.

C’est sans doute, in fine, plus que la lourdeur d’organisation administrative et pédagogique qui a été à l’origine de la suppression de ces grandes épreuves d’examen et introduire le contrôle en cours de formation (CCF)[[127]](#footnote-127).

##### 2 – Une nouvelle organisation du contrôle et de la validation

Si l’examen terminal reste toujours présent dans quasiment toutes les disciplines, sa durée et son importance quantitative sont largement diminuées. Dans les matières technologiques, les épreuves, comme l’enseignement, sont pluridisciplinaires et consistent en un travail sur un ensemble de documents. Il s’agit de répondre à des questions en réalisant à partir d’une analyse de plusieurs de ceux-ci une synthèse. C’est sa qualité (précision, concision, argumentation, …) qui sont jugées plus que la nature et la précision des connaissances qui sont censées être jugées.

De plus des éléments nouveaux sont désormais également à prendre en compte :

* des épreuves orales
* un contrôle continu en cours de formation.

###### 21 – Projet, mémoire et oral

Déjà présente depuis les origines au niveau du BTS Diététique[[128]](#footnote-128), la soutenance d’un rapport de stage avait déjà été introduite au niveau du BTS Biotechnologie. Que ce soit sous forme de soutenance de rapport de stage, de mémoire ou de projet, ce type d’épreuve orale a été généralisée à tous les BTS nouvellement créés ou rénovés. Même si elle est souvent écrite, l’épreuve de langue obligatoire (souvent l’anglais) a également donné lieu, dans certains cas[[129]](#footnote-129), à une épreuve orale

En ce qui concerne le niveau IV, l’épreuve de langue est actuellement double : écrite et orale, évaluée en cours d’année. Une épreuve de soutenant de projet technologique soit personnel, soit élaboré au sein d’un petit groupe a également été introduit.

###### 22 – L’examen terminal et l’introduction du contrôle en cours de formation (CCF)

D’une manière générale (niveaux IV et III), si l’examen terminal reste toujours présent dans quasiment toutes les disciplines, sa durée et son importance quantitative sont largement diminuées. Dans les matières technologiques, les épreuves, comme l’enseignement, sont pluridisciplinaires et consistent désormais en un travail sur un ensemble de documents. Il s’agit de répondre à des questions en réalisant à partir d’une analyse de plusieurs de ceux-ci une synthèse. C’est la qualité (précision, concision, argumentation, …) qui sont jugées plus que la nature et la précision des connaissances qui sont censées être jugées.

Le contrôle en cours de formation (CCF) a été introduit au seul niveau III. Il est réalisé en plusieurs parties tout au cours d’année et il permet d’alléger les épreuves pratiques terminales, chacun d’eux ayant une importance variable selon les formations.

Il s’agit pour le professeur, durant la « situation d’évaluation »[[130]](#footnote-130) (séquence pédagogique en cours et pour un nombre limité d’élèves / étudiants), de suivre précisément leur travail et leur comportement et d’estimer le degré d’atteinte des compétences qui ont été nécessaires pour la mise en œuvre des opérations technologiques réalisées et qui sont répertoriées au sein d’une grille figurant sur un document écrit. Celui-ci est préparé à l’avance par le professeur dans le cadre de l’établissement de sa progression annuelle. Il sera conservé, figurera au dossier d’évaluation de l’élève /étudiant et servira lors du jury final de validation. Il importe que, pour chaque élève / étudiant, l’ensemble des compétences relevant du référentiel du diplôme soient évaluées, dans ces conditions

En conclusion, cet enseignement « technologique », second temps de l’évolution des formations de techniciens en biologie, est né d’une évolution technique irréversible : elle est liée, entre autres, à l’apparition de nouvelles techniques et à la généralisation de l’automatisation et de l’informatique. Ainsi la formation purement technique, centrée, dans le secteur qui nous intéresse, sur une activité artisanale, est devenue, comme les autres formations techniques d’ailleurs, une formation technologique, du fait des modification du travail du technicien. Il faut désormais envisager le travail à une échelle que l’on peut qualifier d’industrielle : le technicien gère, le plus souvent, des machines, les automates, et, n’intervenant plus directement dans l’acte analytique, il n’a plus la maîtrise intellectuelle de l’efficace. Il s’agit seulement d’une fonction de préparation et de surveillance se résumant au respect de procédures. La formation doit désormais à la fois accentuer les aspects théoriques pluridisciplinaires permettant, selon les cas, de s’adapter à de nouvelles techniques complexes et s’inscrire dans une démarche d’apprentissage méthodologique en respectant les divers types de procédures rencontrés. La connaissance de méthodologies est également un requisit pour une poursuite d’étude.

Ainsi se met en place, dans le cadre de la loi de programmation de 1985, un enseignement qualifié de « généraliste ». Même si la dénomination de technologique correspond, au sens strict, au niveau IV, son esprit est issu de modifications intervenues préalablement au niveau III. Il y sera généralisé lors de la création de nouveaux BTS tournés vers l’industrie et la rénovation de l’ensemble des autres BTS. Cet enseignement s’inscrit dans la discontinuité, même si lors de la mise en œuvre du baccalauréat STL BGB (1992) figure encore, mais en position seconde, la finalité professionnelle. Il n’en sera plus question dans le baccalauréat STL Biotechnologies (2010).

Cette discontinuité réside surtout dans une nouvelle organisation de l’enseignement liée aux nouveaux objectifs :

* un enseignement théorique intégrant, à partir de 2010, de nouveaux intitulés en rapport avec l’évolution technologique (mesure et instrumentation, sécurité, qualité, …) et imposant la pluridisciplinarité avec un intitulé alliant les sciences physiques, les sciences de la vie et de la terre et les biotechnologies … (un retour aux origines ?) sans doute justifié d’un point de vue épistémologique, mais plutôt d’application problématique au niveau de la mise en œuvre au sein des établissements
* un enseignement technologique où le professeur se doit désormais de construire lui-même un parcours pédagogique spécifique, ceci en opposition avec l’ordre quasiment immuable d’un suivi chronologique des items d’une liste de techniques. Il s’agit désormais d’élaborer (et d’adapter à un auditoire en pleine mutation) une progression de séquences pédagogiques : celle-ci doit présenter, dans une visée formative, les diverses compétences techniques désormais indispensables lors de la mise en œuvre des méthodologies de base des biotechnologies
* une validation des formations passant désormais, à l’écrit, et ici comme ailleurs, par un commentaire de documents pouvant  inciter à un verbiage qui peut d’autant plus être validé qu’aucun enseignement et contrôle strict des connaissances n’auront été effectués ; une remarque similaire peut également être faite en ce qui concerne un autre changement radical celui de l’introduction du CCF au niveau III.

Un redécoupage des disciplines (avec généralisation de la pluridisciplinarité) et l’introduction CCF au niveau IV devraient avoir lieu dans la réforme du baccalauréat qui s’annonce pour 2021 !

Conclusion de cette étude

JL

L’histoire de la biologie technique présentée ici est l’histoire d’un enseignement technique et d’une discipline scolaire. Elle est celle de la mise en place et de l’évolution de formations techniques, en relation avec la mise en œuvre de techniques et de connaissances développées après la seconde guerre mondiale. Si elle porte les évolutions et les transformations de l’ensemble des formations techniques puis technologiques, elle présente deux originalités majeures.

La première originalité réside dans l’accent mis sur le rôle des techniques physico-chimiques dans le développement de la biologie. Jusqu’au milieu du XXème siècle, la biologie était considérée, au vu de son rôle sociétal, comme secondaire par rapport à la physique et à la chimie. C’est l’efficacité de ces techniques nouvelles qui engendre la mise en place d’une relation fusionnelle entre techniques, recherche et connaissances nouvelles : de nouvelles techniques permettent l’élaboration de nouvelles connaissances, celles-ci sont à la base de nouvelles techniques, qui à leur tour permettent de nouvelles connaissances, etc. La prolifération de travaux de recherche et de connaissances et les applications qui en résultent sont responsables, d’une part de ce qui a été appelé ici notre « société en/sous analyses » et d’autre part d’une objectivation du vivant qui, avec les biotechnologies, devient un objet, transformable à façon et relevant du monde des objets industriels. Rares sont encore les ouvrages historiques généraux (histoire de la biologie) ou décrivant tel ou tel domaine (biologie moléculaire, histoire des protéines, …) qui rendent compte du rôle essentiel joué par les techniques. Il s’agit donc ici de leur rendre un tant soit peu justice.

En relation avec ce qui précède, la seconde originalité réside dans une prise de conscience de l’existence et de l’importance du travail de technicien : au-delà du travail de découvreurs des chercheurs (scientifiques / savants), largement valorisé, la mise au point et la généralisation de ces applications pratiques donne lieu à un travail analytique de recherche ou de routine. Ce travail est effectué par des acteurs généralement inconnus du grand public : les laborantines devenues techniciennes / techniciens. À l’origine, ces travaux constituaient une activité artisanale ; mais, tant l’augmentation du nombre des travaux à effectuer que l’introduction de l’automatisation et de l’informatique ont amené, comme dans les disciplines du technique industriel, le remplacement d’appareillages et de manipulations simples par des automates et des robots. Cette évolution a dû être prise en compte dans les formations, conjointement à l’injonction officielle d’augmenter le niveau théorique des formations dans le domaine technique. Ainsi la formation purement technique, centrée, dans le secteur qui nous intéresse, sur une activité artisanale, est devenue, comme les autres formations techniques d’ailleurs, une formation technologique, avec une transition relativement abrupte pour le technicien. Celui-ci devait désormais envisager son travail à une échelle que l’on peut qualifier d’industrielle. Les biotechnologies ouvrent des perspectives telles que la possibilité de l’objectivation de l’homme et de la nature, donc à grande échelle. Ce qui soulève des questions sociétales et donc éthiques, faisant ainsi le lien avec les préoccupations épistémologiques des SVT.

Enfin, cette étude laisse entendre l’existence d’un groupe d’enseignants aux caractéristiques particulières :

* une création relativement récente avec des origines institutionnelles originales faisant intervenir de manière purement circonstancielle l’enseignement ménager, les sciences naturelles (actuellement SVT) et les sciences physiques ;
* un enseignement centré sur une utilisation maitrisée des outils techniques d’une discipline (les sciences physiques) au bénéfice d’une autre (la biologie considérée comme sciences de la vie) ;
* un enseignement qui touche à la manière concrète, technique dont se prépare et se réalise cette « société en/sous analyse » qui est désormais la nôtre ;
* un groupe qui (du fait de l’automatisation ?) reste de taille modeste par rapport à d’autres disciplines techniques ;
* un groupe d’enseignants en relations étroites avec, d’un côté l’inspection et, de l’autre des associations d’enseignants et de professionnels ; des enseignants majoritairement regroupés en une « Union » (UPBM déjà citée).

Pour terminer, il faut signaler que l’existence aussi bien que l’autonomie de ce groupe ont été remises en question et continuent périodiquement de l’être. Le principe de l’existence de ces formations techniciennes paraît assuré, aussi bien en lycées technologiques qu’en IUT, écoles privées et écoles dépendant du Ministère de la Santé (système hospitalier). Leur survie et leur autonomie en lycées technologiques, pour autant que l’on puisse anticiper, paraissent moins assurées et être différentes selon les niveaux de formation.

* En ce qui concerne le niveau III, la doxa officielle qui semble se mettre en place consiste à réserver ces formations bac+2 essentiellement au titulaire de baccalauréat professionnel avec l’idée d’une entrée immédiate dans la vie active. En effet, les formations BTS (bac+2) ne figurent pas es qualité dans le nouveau dispositif LMD (Licence, Master, Doctorat) l’enseignement supérieur (ni d’ailleurs dans aucun cursus au niveau européen) : pour certaines spécialités, des dispositifs ECTS (European Credits Transfer System) ont été mis en place, avec par exemple la poursuite d’études en licence (professionnelle ou non, en France ou en Europe). Une solution qui ne semble pas avoir d’écho favorable ni au Ministère ni dans le milieu professionnel. Le souhait des employeurs serait de passer à un niveau Bac+3. De plus, les universités s’intéressent de plus en plus près à ces formations professionnalisantes qui pourraient alors passer à bac+3. Ceci supposerait un important investissement en locaux et matériels de la part des universités (ou la location de locaux et de matériels présents dans les lycées technologiques) et, surtout, une renégociation des conventions collectives professionnelles.

L’avenir des formations CPGE parait être assuré du fait de la reconnaissance de grandes écoles de l’intérêt d’une formation initiale en technologie.

* En ce qui concerne le niveau IV (baccalauréat technologique), il faut dire que malgré des discours officiels maintenant anciens et qui ne sont guère plus repris, la voie technologique, n’est, pour le moins, généralement pas mise en avant. Les raisons en sont multiples. La plus importante est sans doute la part des enseignements technologiques pratiques (en « groupes d’atelier » qui coûtent si cher) qui, au fil des réformes successives, a été réduit, ce qui transparait dans la réforme de 2021 à venir, rendant cette voie de moins en moins différenciée de la voie générale et faisant, de ce fait, que les familles préfèrent l’original à l’imitation… Il s’agit pourtant d’une voie permettant, par une pratique conceptualisée, de donner le goût de l’abstraction à ceux qui, intéressés par une pratique expérimentale, n’avaient pas encore compris sa nécessité pour aller plus loin dans leur domaine d’intérêt ou même de passion.

Tout ceci menace fortement l’indépendance disciplinaire jusqu’ici préservée vis-à-vis des sciences de la vie et de la terre ainsi que des sciences physiques. Et ceci nous renvoie à des négociations, des luttes d’influence qui ont dû être celles des origines. À ceci près cependant qu’à l’origine, celles-ci ne se déroulaient que dans la haute administration, alors que maintenant, du fait du mélange des disciplines, elle risque de se généraliser au sein de chaque établissement.

Nous retrouvons ainsi la problématique des origines avec un recul, le souvenir, c’est-à-dire l’expérience, de quelques dizaines d’années. Il y a néanmoins la certitude que les décideurs de l’époque, en premier lieu Albert OBRE, ont eu l’intuition que la biologie allait devenir « technique ». Faut-il parler pour autant de « biologie technique » en tant que « discipline », terme largement employé ici et qui aura fait grincer les dents de certains lecteurs ? N’est-ce pas une illusion que de penser la maintenir et ne doit-on pas « rentrer dans le rang » et désormais nous ranger sous la bannière des SVT plus ou moins remaniées en conséquence ? Quelle y sera notre place ? Nous est-elle due et sera-t-elle reconnue ? Avons-nous le droit de la revendiquer ? Un premier élément de réponse réside dans l’intégration de nos deux inspectrices générales actuelles au groupe « Sciences et technologies du vivant, de la santé et de la terre ».

1. Douzou, Pierre ; Durand, Gilbert & Siclet Gérard (2001). *Les biotechnologies*. Paris : Presses universitaires de France (voir chapitre 1 : histoire des biotechnologies, pp. 5-18) [↑](#footnote-ref-1)
2. par exemple, grâce au rapport présenté au Président de la République publié en 1979 « Science de la vie et société » de F. Gros, F. Jacob et P. Royer et surtout l’annexe rédigée par J. de Rosnay : références à préciser [↑](#footnote-ref-2)
3. le plus souvent, actuellement, LEGT : lycées d’enseignement général et technologique [↑](#footnote-ref-3)
4. Institut Universitaire de Technologie [↑](#footnote-ref-4)
5. Formation en deux ans [↑](#footnote-ref-5)
6. Formation en trois ans [↑](#footnote-ref-6)
7. Diplôme d’État de technicien en analyses médicales (formation en 3 ans) [↑](#footnote-ref-7)
8. voir la liste des projets de construction 1961-1965 et bilan 1969 in Gaudillière (1990) p. 141-142 [↑](#footnote-ref-8)
9. Loi 71-577 du 16juillet 1971 d’orientation sur l’enseignement technologique ; délivrance jusqu’en 1993 d’un baccalauréat de technicien [↑](#footnote-ref-9)
10. 1985 est la date de la promulgation de la loi 85-1371 du 23 décembre 1985 sur l’enseignement technologique et professionnel ; les textes d’application, en ce qui concerne la discipline, ne paraitront qu’en 1992. Cf infra. [↑](#footnote-ref-10)
11. C’est elle qui a obtenu les diagrammes de réfraction aux rayons X de l’ADN qui ont permis à CRICK et WATSON de proposer leur « hypothèse » d’une structure de la molécule d’ADN en double hélice. [↑](#footnote-ref-11)
12. BEADLE G. W., TATUM E. L., 1941, *Proc. Acad. Sci. USA*, ***27***, 499 - 506 ; expérience réalisée, contre toute attente, dans le cadre de l’effort de guerre (voir OPERON …..) et de plus un exemple d’hybridation, voir plus loin [↑](#footnote-ref-12)
13. c'est-à-dire une relation en branche d’hyperbole entre le taux de croissance et la concentration en substrat limitant - le terme de « maintenance » [↑](#footnote-ref-13)
14. Article sur séparation de mélange d’acides aminés issus de l’hydrolyse totale de la lactalbumine

    3 en plus de ses activités dans la Résistance ; le jury ne vit pas l’importance de cette thèse. [↑](#footnote-ref-14)
15. Cycle de CALVIN, radioactivité et chromatographie sur papier [↑](#footnote-ref-15)
16. Pendant ce temps était développée, en grand secret, dans le cadre du Projet MANHATTAN, la « bombe atomique ». Une première explosion expérimentale eut lieu le 16 juillet 1945 à Los Alamos. Le 6 Août 1945 a explosé la bombe A au-dessus d’Hiroshima, suivie le 9 Août 1945 d’une bombe H au-dessus de Nagasaki. [↑](#footnote-ref-16)
17. D’abord à lampe puis électroniques [↑](#footnote-ref-17)
18. Le FDBN qui se fixe spécifiquement sur les extrémités -NH2 terminales des chaines peptidiques : ceci permet de connaître le nombre de chaines présentes au sein du protéine : ainsi il fut déterminé que l’insuline était constituée de deux chaînes dénommées A et B. [↑](#footnote-ref-18)
19. Double prix NOBEL de chimie (1958 et 1980) [↑](#footnote-ref-19)
20. STEIN W., MOORE S., 1950, *Cold Spring Harb Symp Quant Biol*, 1950, ***14***, 179-190 ; [↑](#footnote-ref-20)
21. étudiée par Jean Paul GAUDILLIERE [↑](#footnote-ref-21)
22. création de la maîtrise de biochimie en 1969 [↑](#footnote-ref-22)
23. Les protéines ont une masse moléculaire bien définies, spécifiques : on observe une seule frontière ou pic. [↑](#footnote-ref-23)
24. HERSCHEY et CHASE (1952) [↑](#footnote-ref-24)
25. biologistes et physiciens américains en reconversion du projet MANHATTAN [↑](#footnote-ref-25)
26. Rôle de diverses protéines et étude des relations structure - fonction [↑](#footnote-ref-26)
27. La question de la structure des protéines [↑](#footnote-ref-27)
28. À partir de 1930 environ, commencèrent à se développer en recherche des techniques plus sophistiquées (en ce qui concerne la chimie biologique, utilisation d’appareillages lourds et complexes) qui relèvent de ce que nous avons appelé technologie : elles seront donc envisagées plus loin. [↑](#footnote-ref-28)
29. Elle était essentiellement appliquée en recherche et à des substances organiques hors des grands champs de recherche en chimie biologique, à savoir les acides aminés des sucres, sans parler des protéines dont la nature chimique et la composition exacte en acides aminés restaient, à cette époque, un mystère. [↑](#footnote-ref-29)
30. Ces travaux sont doublement importants du fait de la mise au point d’une technique qui ouvrit la voie à la détermination de la structure primaire des protéines dès le début des années 1950 et de la théorisation de la chromatographie à partir d’une analogie avec la distillation. [↑](#footnote-ref-30)
31. sur colonne, basse pression [↑](#footnote-ref-31)
32. basse pression [↑](#footnote-ref-32)
33. Par rapport à des méthodes physiques longues (dont l’ultracentrifugation analytique) et nécessitant un appareillage lourd [↑](#footnote-ref-33)
34. Mise en évidence du caractère « monodisperse » des protéines dès 1929 [↑](#footnote-ref-34)
35. impossibilité de séparer des molécules de faible masse moléculaire et difficultés dans la séparation des protéines du fait de la nécessité d'utilisation d'un tampon albumineux [↑](#footnote-ref-35)
36. Séparation des protéines en paralbumine, albumine, alpha, beta et gamma globulines, avec également possibilité de révélation des lipoprotéines et des glycoprotéines [↑](#footnote-ref-36)
37. Un des avantages de la technique était la possibilité de transpariser les bandes fixées sur lame microscopique et de les soumettre à la densitométrie, donc de déterminer le pourcentage de chacune des familles de protéines. [↑](#footnote-ref-37)
38. Ceci diminuant l'intérêt de l’ultracentrifugation analytique pratiquée systématiquement jusqu'alors. [↑](#footnote-ref-38)
39. différence de potentiel ramenée à zéro [↑](#footnote-ref-39)
40. Possibilité de réaliser les premiers spectres d’absorption : WARBURG réalisa la caractérisation du spectre d’absorption des coenzymes pyridiniques (pigment de WARBURG). [↑](#footnote-ref-40)
41. http://www.cphr.fr/conservatoire/collections/patrimoine-medical/autres-disciplines/biologie-medical [↑](#footnote-ref-41)
42. Paragraphe rédigé par Alphonse MEYER [↑](#footnote-ref-42)
43. pipettes, éprouvettes, béchers, erlenmeyers et fioles de divers types, [↑](#footnote-ref-43)
44. Ce serait anticiper sur ce qui suit que de parler de « RUN », mais l’idée est la même : une série de manipulations. [↑](#footnote-ref-44)
45. Le nouveau Petit Robert 2008 pages de 2516 [↑](#footnote-ref-45)
46. méthode en point final ou méthode cinétique [↑](#footnote-ref-46)
47. . [↑](#footnote-ref-47)
48. [↑](#footnote-ref-48)
49. DTS Imagerie Médicale et Radio Thérapie (IMRT) [↑](#footnote-ref-49)
50. Fixation par adsorption puis par covalence de molécules organiques, protéines, d’oligopeptides, d’oligonucléotides [↑](#footnote-ref-50)
51. création, à partir de billes de verre, de supports de chromatographies de partage en phases inverses, par affinité, par interactions hydrophobes [↑](#footnote-ref-51)
52. ou de fragments d’anticorps [↑](#footnote-ref-52)
53. ordre de grandeur : de 100 à 25000 dépôts par cm2 [↑](#footnote-ref-53)
54. Ceci n’exclut pas la présence, dans des services spécialisés, de petit laboratoire susceptible de fournir les résultats en urgence. [↑](#footnote-ref-54)
55. Dans le cadre du plan «  France Médecine Génomique 2025 » annoncé le 22 juin 2016, il va être installé 12 plateformes haut débit de séquençage du génome (analyse de l'ADN) à grande échelle (technologie, par exemple, ILLUMINATM **plateforme HiSeq Xten,** capable de générer 10 x 1,8 Tbases en 3,5 jours, c.-à-d. 18 000 génomes humains par an (30x)) afin de développer une "médecine personnalisée". [↑](#footnote-ref-55)
56. [↑](#footnote-ref-56)
57. On peut avoir une idée de ses techniques en consultant à la fois la législation de l’époque et d’autre part les ouvrages techniques édités par des médecins. [↑](#footnote-ref-57)
58. Identification et dosage de diverses substances [↑](#footnote-ref-58)
59. certaines productions étaient néanmoins effectuées sur des cellules eucaryotes recombinantes. [↑](#footnote-ref-59)
60. A ne pas confondre avec le clonage, régénération d’un organisme dans son entier à partir d’une cellule prélevé chez un adulte et différencié [↑](#footnote-ref-60)
61. Utilisant l’électrophorèse en gel de polyacrylamide [↑](#footnote-ref-61)
62. [↑](#footnote-ref-62)
63. [↑](#footnote-ref-63)
64. Création du Comité national d’éthique (CNE - <http://www.ccne-ethique.fr> ) le 23 février 1983 et de comités dans tous les organismes de recherche publics [↑](#footnote-ref-64)
65. Décret n° 72-607 du 4 juillet 1972 portant sur la création des commissions professionnelles consultatives [↑](#footnote-ref-65)
66. elle-même précédée, comme on l’a vu, d’une sorte de protohistoire dont les débuts se situent au début du XIXème siècle [↑](#footnote-ref-66)
67. Loi de programme du 23 décembre 1985 sur l’enseignement technologique et professionnel [↑](#footnote-ref-67)
68. tel aura été le cas, dans le domaine qui nous intéresse, d’écoles privées de formation de laborantines et des formations plus ou moins « maison » des centres hospitaliers. Certaines de ces structures perdureront et constituent, d’un côté, les origines d’écoles privées sous contrat encore en activité et, de l’autre, celle des diplômes délivrés par le seul Ministère de la Santé (DELAM). [↑](#footnote-ref-68)
69. ensemble d’opérations spécifiques utilisant un matériel particulier et faisant l’objet d’un savoir-faire particulier [↑](#footnote-ref-69)
70. [↑](#footnote-ref-70)
71. Statitiques : [↑](#footnote-ref-71)
72. Agrégée de sciences naturelles, spécialiste de nutrition et d’hygiène alimentaire, Directrice du laboratoire de physiologie et de la nutrition à l’Institut de recherche agronomique (1924- 1953), chercheur à l’Ecole pratique des Hautes études (928)et au CNRS (1930) [↑](#footnote-ref-72)
73. 3 h par semaine. Le programme indique « la manipulation fera l’objet d’un compte rendu ». [↑](#footnote-ref-73)
74. par arrêté du 29 janvier 1954 ; on peut voir dans cette création, ainsi que dans celles citées antérieurement, la prise de conscience par les autorités de l’importance des champs sociaux et industriels (chimie) bien identifiés, celui relevant de la biologie n’étant qu’à ses balbutiements . [↑](#footnote-ref-74)
75. Le Brevet de Technicien chimiste ne sera créé que plus tard par l’arrêté du 25 juin 1956 [↑](#footnote-ref-75)
76. Des compléments biographiques les concernant sur /upbm.org/index.php/site-association/l-upbm/641-nous-sommes-tous-des-baby-boomers-une-histoire-de-nos-sections p. 24 [↑](#footnote-ref-76)
77. dans lequel 33 brevets de technicien sont transformés en brevets de technicien supérieur [↑](#footnote-ref-77)
78. . [↑](#footnote-ref-78)
79. ultérieurement dénommé F7 [↑](#footnote-ref-79)
80. ultérieurement dénommé F7bis, puis F7’ en 1982 ( ?) [↑](#footnote-ref-80)
81. techniques encore volumétriques de routine (dosage du glucose urinaire par la méthode de Bertrand, dosage de l’acétone urinaire, dosage de l’alcool par chromimétrie après distillation , ensemencement et identification sur boite de mélanges de microorganismes, comptage cellulaire manuel, mais aussi manipulation d’animaux de laboratoire ; en fait, phénomène récurrent, mêmes techniques que celles développées dans les BTS [↑](#footnote-ref-81)
82. rédigé par Alphonse MEYER [↑](#footnote-ref-82)
83. <https://www.transgene.fr/?lang=fr> [↑](#footnote-ref-83)
84. OPERON IV,1977n°2 p. 27 [↑](#footnote-ref-84)
85. OPERON IX, 1983, n° 3 p. 17-20 de ce de – OPERON X, 1984,n°1 p. ) [↑](#footnote-ref-85)
86. Vichy ainsi que le Lycée de la rue Corvisart à Paris, par exemple [↑](#footnote-ref-86)
87. **Extrait de la circulaire du 21.12.1979 (RLR 520-1) : Secteur industriel**, économie familiale et sociale, sciences médico-sociales et **manipulations scientifiques**. Les cours seront dispensés par divisions entières. Les enseignements de laboratoire et du bureau des méthodes, ainsi que les travaux dirigés, seront organisés par demi-divisions, comprises entre 16 et 20 élèves. Les enseignements d’ateliers et de chantiers, ainsi que les **travaux pratiques**, seront dispensés par groupes comportant un **effectif de 12 à 15 élèves**. [↑](#footnote-ref-87)
88. dans ce sens, le Lycée de Strasbourg – ultérieurement nommé Jean Rostand - reste peut-être une exception ????? [↑](#footnote-ref-88)
89. ou, selon certains, Rhône Poulenc, du nom d’un des premiers fournisseurs [↑](#footnote-ref-89)
90. Colorants de microbiologie (colorants pour Gram, …..), hématologie (……), solutions permettant l’identification (colorants) et les dosages biochimiques – certaines d’entre elles devant être préparées extemporanément, d’autres pouvant être stockées concentrées (acides) ou diluées – pour certaines, en flacons bruns en grands volumes (solutions titrées (souvent « déci-normales ») d’acides (chlorhydrique, sulfurique, phosphorique), de base, d’iode, de thiosulfate, de permanganate de potassium,…) - [↑](#footnote-ref-90)
91. Paris, Strasbourg, Bordeaux, Lille, ….A préciser si possible [↑](#footnote-ref-91)
92. Si l’enseignement des techniques culinaires ne posait aucun problème aux professeurs d’enseignement ménager, celui du calcul des rations alimentaires et de la réglementation ont demandé un certain travail aux jeunes enseignantes … Ce moment passé, et au fil du temps, certaines d’entre elles en sont même devenues des spécialistes reconnues … [↑](#footnote-ref-92)
93. des préparations spécifiques aux concours se mirent progressivement en place dans les universités de province (Lyon, Marseille, Bordeaux, Grenoble, Strasbourg, …) [↑](#footnote-ref-93)
94. Par Mme MARCHAL et le Dr BOURDON ; ce dernier, selon un témoignage recueilli, portait un costume de couleur adaptée à celle, Gram + ou Gram -, des bactéries étudiées le jour même … [↑](#footnote-ref-94)
95. Ils seront intégrés au corps des professeurs certifiés en 198X. [↑](#footnote-ref-95)
96. [↑](#footnote-ref-96)
97. Voir pour plu de détails <https://upbm.org/index.php/site-association/l-upbm/632-1972-2012-40-ans-d-histoire-de-l-upbm-et-de-nos-sections?showall=&start=1> [↑](#footnote-ref-97)
98. <https://www.upbm.org> [↑](#footnote-ref-98)
99. la question du niveau [↑](#footnote-ref-99)
100. si le programme de mathématiques et de sciences physiques étaient aménagés, il n'en était pas de même pour celui de la biologie. [↑](#footnote-ref-100)
101. Théorisation des types de fermentation, design des fermenteurs et autres types de bioréacteurs [↑](#footnote-ref-101)
102. celle-ci pouvant se confondre, en considérant le produit final, avec une « biochimie industrielle  [↑](#footnote-ref-102)
103. Une formation en ce sens sera créée ultérieurement en lycée professionnel. [↑](#footnote-ref-103)
104. Texte du site UPBM <https://upbm.org/index.php/etablissements-formations/panorama-des-formations/formations-superieures/596-bts-mse> [↑](#footnote-ref-104)
105. liées, entre autres, à l’abandon de la « gamelle » ou du sandwich qui étaient préparés à la maison et consommé sur le lieu de travail et à l’importance prise par le travail féminin [↑](#footnote-ref-105)
106. La qualité est définie comme étant la satisfaction du client ; autrement dit lorsqu'un client achète un produit, il doit y trouver tout ce qu'il est en droit d'en attendre à la fois en termes de caractéristiques et de règlementation. Le service qualité d'une entreprise doit donc mettre en œuvre toutes les méthodes, tous les outils et tous les contrôles pour que le produit (ou service) soit conforme aux attentes légitimes. (Antoine GAUDIN site UPBM https://upbm.org/index.php/bts-dts-dut/582-bts-qiab) [↑](#footnote-ref-106)
107. par exemple, des disciplines industrielles telle que la construction mécanique et l’électrotechnique, c’est la seule généralisation à grande échelle de l’automatisme et de l’informatique [↑](#footnote-ref-107)
108. voir note 9 [↑](#footnote-ref-108)
109. voir note 10 [↑](#footnote-ref-109)
110. L’article 7 traite de la création de formations dans l’enseignement professionnel centrées sur la formation d’opérateurs pour le monde industriel. [↑](#footnote-ref-110)
111. alors que l’article 7 qui concerne l’enseignement professionnel parle d’une **association** de formation générale de haut niveau de « ***connaissances techniques*** spécialisées ». Il est à penser que, à propos de l’enseignement professionnel, le fait de ne pas avoir précisé le terme de « connaissances techniques » par l’emploi du terme « **compétences** » n’est qu’un simple oubli dans la mesure ce terme sera ultérieurement largement utilisé dans la délivrance d’une attestation validant les acquis permettant de reprendre ou de continuer sa formation (article 5) [↑](#footnote-ref-111)
112. exemple : [↑](#footnote-ref-112)
113. exemple : [↑](#footnote-ref-113)
114. exemple : [↑](#footnote-ref-114)
115. initialement en parallèle avec Sciences et [↑](#footnote-ref-115)
116. JO du 17 septembre 1993, BOEN n°spécial 4 du 23 septembre 1994 [↑](#footnote-ref-116)
117. BOEN n°44 du 5 décembre 1996 [↑](#footnote-ref-117)
118. durée 2h 30 à 3 h 30 selon le sujet [↑](#footnote-ref-118)
119. Epreuve sur deux jours (4 h 30 et 1 h 30) ; la biologie humaine peut, selon le sujet global, être rattachée à la biochimie. [↑](#footnote-ref-119)
120. texte de Claire MOTTET [↑](#footnote-ref-120)
121. rédigé d’après documents fournis par Claire MOTTET [↑](#footnote-ref-121)
122. Françoise LAFONT, Christine JOFFIN, Elisabeth MATHIEU surnommées les « MI girls » [↑](#footnote-ref-122)
123. rédigé d’après documents fournis par Claire MOTTET [↑](#footnote-ref-123)
124. rédigé d’après documents fournis par Claire MOTTET [↑](#footnote-ref-124)
125. une telle disposition est toujours en vigueur [↑](#footnote-ref-125)
126. nécessité de plus de 12 h nécessaires entre les deux séances d’examen pour la croissance de microorganismes [↑](#footnote-ref-126)
127. Remarque d’Isabelle FALLER, IA-IPR : « Seules les épreuves pratiques sont passées en CCF (E5) ; l’intérêt de cette modalité de certification réside dans sa cohérence par rapport à la formation. La certification s’effectue dans un environnement identique (matériel, logiciels, etc….) » [↑](#footnote-ref-127)
128. Devenu, avec le temps, mémoire) [↑](#footnote-ref-128)
129. Lors de la création du BTS. Biotechnologie, l’anglais était évalué par une épreuve écrite et par une épreuve orale. Lors de sa rénovation de 2006 (BTS Biotechnologies), son évaluation est désormais réalisée oralement lors de la soutenance du rapport de stage – de même que l’expression française. [↑](#footnote-ref-129)
130. elles sont clairement définies dans le référentiel de certifications du diplôme [↑](#footnote-ref-130)