heig-vd
Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion
du Canton de Vaud

Département HEG
Economie d'entreprise

Travail de Bachelor

Yverdon-les-Bains, le vendredi 18 juillet 2014

Etude de faisabilité de l'intégration d'une formation complémentaire au sein de la HEIG, à plein temps ou en emploi, dans le domaine de la santé pour les ingénieurs titulaires d'un bachelor HES en vue de répondre à l'importante demande en ingénieurs médicaux en Suisse Romande.

Auteur

Marc Jeangros HP32

Professeur conseiller

HEIG-VD
Prof. Dr Alain Boutat
Rue de Galilée 15
1400 Yverdon-les-Bains

Mandant

Plateforme Ingénierie & Santé
M. Markus Jaton
HEIG-VD
Route de Cheseaux 1
1401 Yverdon-les-Bains

Résumé pour publication

Ce travail a pour objectif de proposer à son mandant, la plateforme Ingénierie&Santé, un cursus de formation destiné à fournir aux ingénieurs de la HEIG-VD une opportunité de se spécialiser dans le domaine biomédical. Afin de proposer une formation adaptée aux besoins, cette étude fait le diagnostic de la situation initiale puis base son analyse sur l'avis d'experts de la formation, de l'ingénierie et de santé ainsi que sur les méthodes de formation existantes en Suisse, en France et en Allemagne. Une analyse du profil de la future filière d'étude, du besoin en personnel spécialisé hautement qualifié, des méthodes de financement envisageable ainsi que des chances et des risques liés à l'introduction de cette formation permet de révéler qu'il existe une réelle lacune dans ce domaine pour la Suisse romande et qu'un master proposé par la HEIG-VD pourrait combler ce manque.

Résumé managérial

L'objectif de ce travail est d'évaluer sous quelle forme peut être mise en place une filière d'étude permettant de former les ingénieurs à certains aspects du domaine de la santé.

Les premiers entretiens ainsi que les informations recueillies au moyen de la recherche documentaire ont guidé l'analyse vers une formation master en ingénierie biomédicale. L'étude de l'environnement a mis en lumière que ce type de formation est très peu proposé en Suisse malgré un nombre important d'employeurs potentiels (hôpitaux, établissements de soins, entreprises de conception de dispositifs médicaux, entreprises de réglementation, assurances, entreprises pharmaceutiques, centres de recherche des hôpitaux universitaires…).

L'analyse démontre que cette filière d'étude master permettrait d'ouvrir de nouveaux champs professionnels aux ingénieurs HES et de répondre à une demande potentielle en Suisse romande. Les diplômés assumeraient des tâches diverses à un niveau stratégique et/ou conceptuel, contribuant ainsi à l'optimisation du système de santé dans son ensemble et à la compétitivité de la Suisse romande en tant que site de formation.

Fort de ce constat, l'étude s'est alors portée sur la façon dans laquelle une telle formation devrait être proposée aux ingénieurs de la HEIG-VD. Trois méthodes d'enseignement ont été analysées et plusieurs experts de la formation, de l'ingénierie ou du domaine de la santé ont été consultés.

Il découle de ces études que cette formation en ingénieur biomédical devra être multidisciplinaire et faire appel aux diverses sciences de la santé, aux sciences de l'ingénierie, aux sciences fondamentales et aux mathématiques.

Les différentes analyses révèlent également que plusieurs options sont envisageables en cas de développement d'une nouvelle filière master. Le type de cursus de formation dépendra fortement du nombre de cours enseignés, de leurs crédits ECTS, des conditions d'admissions et de la forme d'enseignement (plein temps, en emploi, cours du soir).

Les décisions devront donc être prises lorsque ces différents éléments seront connus. Pour guider le mandant dans ces décisions, neuf recommandations sont proposées à la fin de cette étude :

1. Favoriser un niveau de formation de type Master of Science MSc
2. Ne pas surévaluer la demande
3. Mettre en place un système de collaboration efficace
4. Ouvrir la formation aux non-ingénieurs
5. Avoir une orientation pratique et s'inspirer de formations existantes
6. Chercher un niveau de qualité élevé
7. Privilégier la formation en français
8. Mettre en place une promotion adaptée
9. Saisir chaque opportunité

Préambule

Travail de Bachelor

Préambule

Ce Travail de Bachelor est réalisé en fin de cursus d'études, en vue de l'obtention du titre de Bachelor of Science HES-SO en Economie d'entreprise.

Son contenu, sans préjuger de sa valeur, n'engage ni la responsabilité de l'auteur-e, ni celle du jury du Travail de Bachelor ou celle de l'Ecole.

Il est propriété de la HEIG-VD.

Aucune utilisation, même partielle, de ce travail ne peut être faite sans l'autorisation écrite préalable de la Direction. Toutefois, l'entreprise ou l'organisation qui a confié un sujet de Travail de Bachelor peut utiliser les résultats de ce travail pour ses propres besoins.

HEIG-VD

M. Delessert
Doyen du Département HEG

Yverdon-les-Bains, 10 septembre 2013

Remerciements

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères et témoigner ma reconnaissance aux personnes suivantes, qui m'ont apporté leur soutien et qui ont participé à l'élaboration de ce dossier. Je les remercie pour les informations qu'elles m'ont fournies, ainsi que le temps qu'elles m'ont consacré.

Je tiens à remercier sincèrement Monsieur Markus Jaton, professeur à la HEIG-VD et membre fondateur de la plateforme Ingénierie&Santé, pour m'avoir fait confiance et confié le mandat de ce travail de recherche qui fut pour moi extrêmement intéressant. Monsieur Jaton s'est montré en tout temps disponible pour me rencontrer et me fournir les informations nécessaires à mon étude.

Je souhaite également exprimer ma gratitude envers Monsieur Alain Boutat, professeur-conseiller, pour avoir accepté de me soutenir dans ce travail et pour m'avoir encadré par ses conseils précieux lors de diverses étapes de ce mandat.

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères à M. Michael Maier, ingénieur biomédical diplômé, pour m'avoir accordé énormément de son temps lors d'un premier entretien, puis toute une journée afin de me faire découvrir la formation en ingénierie biomédicale de l'université de Furtwangen en Allemagne. Je le remercie pour ses conseils qui ont apporté une nouvelle dimension à ce rapport.

Je tiens à remercier M. Didier Maillefer, professeur à la HEIG-VD, pour avoir pris le temps de me rencontrer et répondre à mes questions. Ces compétences dans les domaines de l'ingénierie, de la formation et de la santé ont été d'une grande aide.

Mes remerciements s'adressent également à M. Régis Le Coultre, professeur à la HESAV qui m'a accordé un entretien pour discuter des possibilités de partenariat entre la HEIG-VD et l'HESAV pour l'enseignement de l'ingénierie biomédicale.

Je tiens également à remercier M. Andreas Dietz, responsable du master en ingénierie biomédicale à l'université de Furtwangen, pour m'avoir très bien accueilli et pour avoir répondu avec beaucoup d'ouverture à toutes mes questions.

Je remercie Monsieur Emanuel Guignet, biologiste et physicien EPFL, de m'avoir parlé des besoins des laboratoires de recherches du secteur privé.

Je remercie aussi Madame Carole Jeangros, médecin à l'Inselspital de Berne, d'avoir répondu à mes nombreuses questions dans le domaine de la santé.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à Monsieur Pierre Jeangros pour son soutien dans l'élaboration de ce rapport, pour ces relectures, ainsi que pour toutes ces corrections orthographiques et grammaticales. Je remercie également tous les experts rencontrés de façon informelle qui, parfois sans le savoir, ont contribué à l'élaboration de ce rapport. Je tiens à remercier également toutes les personnes qui m'ont apporté leur soutien et leurs encouragements lors de la rédaction de cette étude.

Table des matières

1 Table des illustrations 8
2 Liste des abréviations 9
3 Avant-propos 10
4 Introduction 10
4.1 Structure du travail 10
4.2 Problématique 11
4.3 Définition et délimitation du sujet 11
4.4 Contexte 11
4.5 Objectif général 13
4.6 Sous-Objectifs 13
4.7 Enjeux pour les parties prenantes 14
4.8 Délivrables 14
4.9 Démarche méthodologique 14
4.9.1 Méthodologie générale 15
4.9.2 Entretiens semi-directifs 15
5 Partie théorique 16
5.1 Analyse de l'environnement 16
5.1.1 Analyse PEST 16
5.1.2 Analyse MOFF 17
5.2 Système éducatif suisse 19
5.2.1 Etudes supérieures 19
5.2.2 Modèles d'études supérieures pour les HES 20
5.3 Définition et délimitation de l'ingénierie biomédicale 21
6 Partie Pratique 23
6.1 Diagnostic de la situation initiale 23
6.1.1 Présentation de la plateforme Ingénierie Santé 23
6.1.2 Présentation de la HEIG-VD 24
6.1.3 Résultat de l'entretien avec la HEIG-VD 25
6.1.4 Présentation de l'HESAV 26
6.1.5 Résultat du questionnaire adressé à l'HESAV 26
6.1.6 Résultat d'un questionnaire adressé à un ingénieur biomédical 27
6.1.7 Analyse PEST 28
6.1.7.1 Aspect politico-légal 28
6.1.7.2 Aspect économique 32
6.1.7.3 Aspect socio-culturel 34
6.1.7.4 Aspect technologique 38
6.1.8 Analyse MOFF 40
6.2 Méthode d'enseignement en France, en Allemagne et en Suisse 41
6.2.1 L'ingénierie biomédicale en Allemagne 41
6.2.1.1 Système éducatif supérieur Allemand 41
6.2.1.2 Université de Furtwangen (HFU) 41
6.2.1.3 L'ingénierie biomédicale à l'HFU 42
6.2.1.4 Résultats du questionnaire adressé à l'HFU 42
6.2.2 L'ingénierie biomédicale en France 44
6.2.2.1 Système éducatif supérieur Français 44

6.2.2.2 Institut Supérieur d'Ingénieurs de Franche-Comté (ISIFC) 44
6.2.3 L'ingénierie biomédicale en Suisse 45
6.2.3.1 Haute école spécialisée Bernoise (BFH) 45
6.2.3.1 Cursus 46
6.2.3.2 Recensement des matières enseignées 47
6.3 Evaluation du profil de la future filière d'étude 47
6.4.1 Détermination du type de formation 48
6.4.1.1 Cours 48
6.4.1.2 Organisation de la formation 49
6.3 Evaluation du besoin en personnel spécialisé hautement qualifié 51
6.5 Méthodes de financement et appréciation du coût de la formation 54
6.6 Evaluation des chances et des risques liés à l'introduction de cette formation 58
6.7 Plus-values 59
6.7.1 Plus-value pour l'ingénieur 59
6.7.2 Plus value pour l'employeur 61
7 Recommandations 62
8 Conclusion 66
9 Bibliographie 67
9.1 Rapports 67
10 Webographie 68
11 Liste des personnes-ressources consultées 71

1 Table des illustrations

Figure 1 : Pénurie de spécialistes MINT en mars 2009 12
Figure 2 : Présentation graphique du système éducatif postobligatoire Suisse 19
Figure 3 : Formations bachelor à la HEIG 24
Figure 4 : Dette publique en pourcentage du PIB 33
Figure 5 : Dépense d'éducation en pourcentage des dépenses publiques 33
Figure 6 : Répartition des dépenses publiques selon les postes budgétaires 34
Figure 7 : Pyramide des âges, 2010 et 2060 35
Figure 8 : Niveau de formation de la population en 2009 et projections 2030 et 2060 36
Figure 9 : Pronostic des effectifs HES 37
Figure 10 : Entrées en études de master et perméabilité entre les hautes écoles 37
Figure 11 : Enseignement supérieur Français 44
Figure 12 et 13 : Nombre de nouveaux étudiant-e-s et Nombre d'étudiant-e-s diplômés 46
Figure 14 : Structure du cursus de formation à Berne 47
Figure 15 : Profession des ingénieurs Biomédicaux diplômés de la Haute Ecole de Berne 52
Figure 16 : Health Valley, principales entreprise Medtech et Bitech 53
Figure 17 : Hopitaux et cliniques dans les cantons de Genève et le canton de Vaud 53
Figure 18 : Nombre d'offres d'emplois en ingénierie biomédicale dans le canton de vaud 54
Figure 19 : Provenance des moyens consacrés à l'enseignement, 2011 54
Figure 20 : Taxes d'études par semestre, 2012 55
Figure 21 : Salaires médians bruts des ingénieurs par branches 60

Tableau 1 : Matrice de confrontation des facteurs internes/externes 18
Tableau 2 : Grille d'analyse de l'influence du macro-environnement 39
Tableau 3: Tableau d'analyse MOFF 40
Tableau 4: Matrice de confrontation des facteurs internes/externes 41
Tableau 5 : Proposition de contenu pour la future formation 49
Tableau 6 : Synthèse des formations analysées 49
Tableau 7 : Coûts standards par domaine d'études et par étudiant 56
Tableau 8 : Forfait par domaine d'études et par étudiant 56
Tableau 9 : Coûts des filières d'études master par étudiant et par domaine d'études 57
Tableau 10 : Proposition du cursus de formation 64

2 Liste des abréviations

BFH	Berner Fachhochschule (Haute école spécialisée bernoise)
CAS	Certificate of Advanced Studies
CDIP	Conférence suisse des Directeurs cantonaux de l'Instruction Publique
DAS	Diploma of Advanced Studies
DEFR	Département fédéral de l'Economie, de la Formation et de la Recherche
DFI	Département fédéral de l'intérieur
ECTS	European Credit Transfer System
EMBA	Executive Master of Business Administration
EPF	Ecoles polytechniques fédérales
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (École polytechnique fédérale de Zurich
HEIG-VD	Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud
HESAV	Haute École de santé Vaud
HES-SO	Haute école spécialisée de Suisse occidentale
HES	Haute école spécialisée
HFU	Hochschule Furtwangen University (Université des sciences appliquées de Furtwangen)
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique
ISIFC	Institut Supérieur d'Ingénieurs de Franche-Comté
LHES	Loi fédérale sur les hautes écoles spécialisées
MAS	Master of Advanced Studies
MOFF	Menaces, Opportunités, Forces, Faiblesses
MEDTECH	Technologie médicale
OFSP	Office fédéral de la santé publique
PEST	Politique, Économique, Social, Technologique
Ra&D	Recherche appliquée et Développement
SEFRI	Secrétariat d'Etat à la Formation, à la Recherche et à l'Innovation
TIC	Technologies de l'Information et de la Communication
TIN	Technologies Industrielles

3 Avant-propos

Le génie biomédical est un domaine d'activité pluridisciplinaire relativement récent qui mélange des notions d'ingénierie, de médecine, de biologie, de physique, de chimie ainsi que des technologies de l'information et de la communication.

Aujourd'hui, plusieurs terminologies telles que : « ingénieur médical », « ingénieur de la santé », « ingénieur hospitalier », « ingénieur en technologie médicale », « spécialiste medtech » ou « ingénieur biomédical » sont utilisés pour qualifier une personne travaillant dans ce domaine d'activité et il est parfois difficile de déterminer lequel de ces termes est le plus approprié. En effet, leurs définitions ne sont pas clairement établies et les fonctions qui y sont rattachées se recoupent fréquemment.

Le terme « ingénieur biomédical » semble toutefois être le plus fréquemment utilisé par les professionnels du domaine et par le monde académique et, fort de ce constat, il a été décidé de l'employer tout au long de ce rapport. Cependant, il est important de ne pas affilier ce terme à une discipline de recherche purement scientifique, mais de le comprendre comme l'ensemble des activités qu'un ingénieur avec une spécialisation dans le domaine de la santé peut effectuer. Vous trouverez en point 5.3 de ce travail une description détaillée des différentes activités propre à l'ingénierie biomédicale.

1ère PARTIE

4 Introduction

4.1 Structure du travail

Ce travail est constitué de quatre parties :

La première partie regroupe la problématique, la définition et la délimitation du sujet, le contexte, l'objectif général et ses sous-objectifs, les enjeux des parties prenantes, les délivrables, ainsi que la démarche méthodologique.

La deuxième partie contient les quelques notions théoriques employées dans ce rapport telles que l'analyse PEST (Politique, Économique, Social, Technologique) et l'analyse MOFF (Menaces, Opportunités, Forces, Faiblesses) ainsi que des définitions et des renseignements sur le système éducatif suisse.

La troisième partie comporte le résultat des différents questionnaires adressés à des professionnels de la formation, de l'ingénierie et/ou de la santé, les éléments pratiques tels que le diagnostic de la situation, les méthodes d'enseignements utilisées à l'étranger, ainsi qu'une évaluation du profil de la future filière d'étude.

La quatrième et dernière partie du rapport décrit les recommandations, leurs plans de mise en œuvre et la conclusion.

4.2 Problématique

Aujourd'hui, plusieurs études nationales ont révélé un manque d'ingénieurs en Suisse dans les domaines de l'industrie pharmaceutique, des biotechnologies ainsi que dans la création de matériel médical et de leur commercialisation, ce qui pousse certaines entreprises à devoir recruter des ingénieurs biomédicaux étrangers dans des pays qui disposent d'écoles liant ingénieries et santé tels que la France, l'Italie et l'Allemagne. La plateforme ingénierie-santé, représentée par Monsieur Markus Jaton, Professeur d'ingénierie à la HEIG-VD, souhaite déterminer sous quelle forme une formation complémentaire à la HEIG-VD teintée de notions médicales, biomédicales, chimiques ou pharmaceutiques devrait être donnée afin de répondre à la demande du marché Suisse Romand.

4.3 Définition et délimitation du sujet

La plateforme ingénierie-santé estime qu'un manque de personnel qualifié en ingénierie biomédicale se fait ressentir depuis plusieurs années dans l'arc lémanique et souhaite pouvoir, grâce à l'expérience en ingénierie et en santé de la HEIG et de l'HESAV, mettre en place une formation dans ce domaine d'activité.

Il est indispensable pour toutes nouvelles filières d'études supérieures d'offrir une utilité réelle aux étudiants et à la société en général. Financés principalement par la confédération et les cantons (grâce à l'imposition obligatoire), les coûts liés à une nouvelle structure d'enseignement se doivent d'être compensés ultérieurement par une augmentation du bien-être général sur un territoire donné. Que ce soit par la diminution du chômage, par l'augmentation de personnel qualifié dans un domaine ayant une demande solvable ou pour contribuer au développement technologique du pays, toute formation supérieure doit avoir un juste « retour sur investissement » pour les autorités publiques qui l'ont financée.

Il est donc nécessaire que la plateforme ingénierie-santé sache sous quelle forme une formation complémentaire en ingénierie biomédicale peut être proposée aux étudiants et qu'elle dispose d'éléments permettant d'orienter sa décision sur la nécessité de développer une telle structure d'enseignement.

4.4 Contexte

Dans la société actuelle, les ingénieurs ont un rôle fondamental à jouer. « *À moyen et long terme, une pénurie d'ingénieurs [...] a un impact négatif sur la capacité de création de valeur et sur la compétitivité d'une économie*[1] ». Selon une étude menée conjointement par economiesuisse, Swiss Engineering et BASS[2], il manquait en Suisse en 2009 environ 14'000 ingénieurs dont près de 1'000 dans le domaine de la chimie, des sciences de la vie et du génie biomédical. Ce secteur d'activité figure pourtant parmi les secteurs d'activité les plus importants pour le pays.

[1]economiesuisse, Swiss Engineering STV UTS ATS. www.economiesuisse.ch/fr/.../dp12_Penurie_Ingenieure_f.pdf [en ligne], (Consulté le 03.03.2014)
[2] economiesuisse, Swiss Engineering STV UTS ATS. www.economiesuisse.ch/fr/.../dp12_Penurie_Ingenieure_f.pdf [en ligne], (Consulté le 03.03.2014)

PENURIE DE SPECIALISTES MINT EN MARS 2009

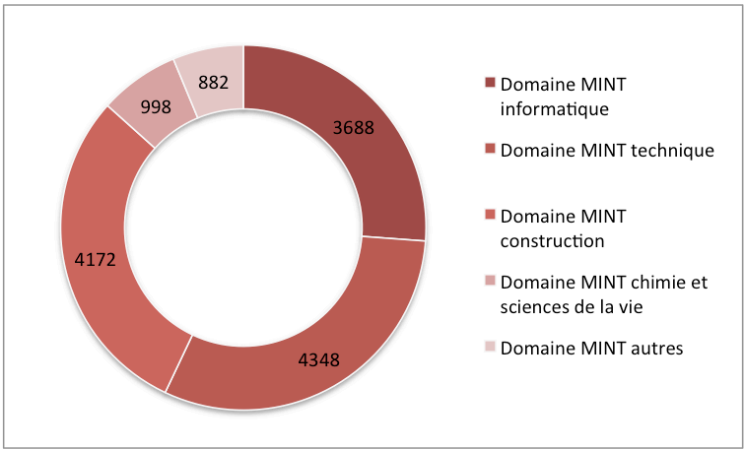


Figure 1 : Pénurie de spécialistes MINT en mars 2009[3]

« *En 2010, la création de valeur brute nominale des industries pharmaceutiques et des* ***technologies médicales*** *s'est élevée à quelque 21,4 milliards de francs [dont 11.1 milliards de francs pour le secteur de la technologie médicale[4]]. Leur part dans le produit intérieur brut était alors de 3,8 %, ce qui plaçait ce secteur d'activité en septième position parmi les branches du secteur privé* »[5]. Malgré son importance, certaines compétences de ce domaine d'activité ne sont pas enseignées en Suisse.

En hôpital, le problème est le même. **« Aujourd'hui les ingénieurs biomédicaux en Suisse [romande] sont tous français. Qu'en est-il de la formation en Suisse? »[6],** voilà le titre d'un article du magazine médical Compétence paru en juin 2003. À cette époque, l'association « Ingénieur Hospitalier Suisse », auteur de l'article, se posait déjà la question du manque de formation spécialisée dans ce domaine d'activité pourtant très demandé sur l'arc lémanique et dans le reste de la Suisse.

Depuis, la situation n'a pas foncièrement changé. Certes, plusieurs écoles telles que la HEIG, l'ETH ou la HES-SO Genève proposent à leurs ingénieurs des cours à options teintés de notions d'ingénierie biomédicale, mais aucune haute école à part celle de Berne ne propose une formation y étant exclusivement consacrée. Cette formation Master Bernoise dispensée majoritairement en anglais compte toutefois certains cours en Suisse allemand ce qui décourage certainement la plupart des étudiants romands intéressés par ce domaine d'activité.

Il existe pourtant en Suisse romande un véritable pôle de compétences scientifiques et industrielles dans le domaine biomédical qui se concrétise essentiellement par la densité des entreprises et start-up innovantes, et le dynamisme de parcs technologiques. Surnommé depuis

[3]economiesuisse, Swiss Engineering STV UTS ATS. www.economiesuisse.ch/fr/.../dp12_Penurie_Ingenieure_f.pdf [En ligne], (Consulté le 03.03.2014)
[4] Kathrin Cuomo-Sachsse, buchs&sachsse , Innovations, Rapport de Fasmed, *La technologie médicale – Une branche-clé pour la Suisse,* 20 pages
[5] Département fédéral de l'intérieur DFI. Mesures de la Confédération afin de renforcer la recherche et la technologie biomédicales. Date : 18 décembre 2013, 167 pages
[6] Peter Frei, Christopher Pyroth .Revue Competence, 2003/06, Organe officiel de IHS (Ingénieur Hospitalier Suisse), 2 pages

quelques années la « Health Valley », l'arc lémanique compte environ 450 entreprises biotech, 300 sociétés medtech, 500 laboratoires de science de la vie et 8 parcs scientifiques[7]. De plus, le canton de Genève et le canton de Vaud comptent à eux seuls plus de 10 hôpitaux et 25 cliniques[8].

En 2012, une plateforme ingénierie-santé a été créée par les efforts combinés de la Haute Ecole de Santé Vaud et la Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion Vaud. Cependant ce « partenariat » vise à soutenir les projets de Ra&D et d'enseignement menés par leurs professeurs autour de l'innovation technologique et de son utilisation dans le monde médical, mais n'offre pas aux ingénieurs de réelles formations dans le domaine de la santé. Cette plateforme, en relation avec des entreprises médicales, pense qu'il existe aujourd'hui une réelle opportunité d'emploi dans ce domaine et souhaite mettre en place une formation.

4.5 Objectif général

Déterminer sous quelle forme une formation complémentaire en ingénierie de la santé peut être proposée aux ingénieurs titulaires d'un bachelor en TIC et TIN en fournissant une appréciation de son contenu, de son coût ainsi que des avantages qu'elle procurerait à l'étudiant tout comme à son futur employeur.

4.6 Sous-Objectifs

A. Analyser les domaines d'enseignements en ingénierie médicale dans une école française ainsi que dans une école allemande proposant ce type de formation
   1. *Recenser les matières existantes dans le domaine*
   2. *Définir la durée des cursus de formation*

B. Identifier les fonctions d'un ingénieur médical dans plusieurs secteurs d'activités
   1. *Recenser les types d'entreprises ayant recourt à des ingénieurs médicaux en Suisse Romande*
   2. *Analyser le type de tâches effectuées par un ingénieur dans le domaine de la santé dans certaines entreprises type (hôpitaux, entreprises pharmaceutiques, entreprises de matériel médical, assurances santé, entreprises en biotechnologie)*

C. Mise en relation et comparaison des sous-objectifs A et B

D. Définir le contenu de la future formation en ingénierie médicale
   1. *Déterminer les compétences à acquérir par l'étudiant*
   2. *Définir le type de formation (cursus, branches, durée, etc.)*
   3. *Estimer la demande en ingénieur biomédical sur le marché Suisse Romand grâce aux études nationales afin de déterminer le nombre de place à offrir pour cette formation*

E. Finances
   1. *Apprécier le coût de la formation retenue*
   2. *Evaluer le partage des coûts de formation entre l'étudiant, le milieu académique, le milieu institutionnel, voir les milieux économiques et industriels*

[7] Bruno Giussani. http://www.forumdes100.com/health-valley/. [En ligne], (Consulté le 03.03.2014)
[8] http://www.santeromande.ch/. [En ligne], (Consulté le 03.03.2014)

F. Plus-value
    1. *Identifier la plus-value pour l'ingénieur (perspectives d'emploi, perspectives salariales, environnement de travail,..)*
    2. *Identifier la plus-value pour l'employeur (personnel plus qualifié, moins de formation interne à financer,..)*

4.7 Enjeux pour les parties prenantes

L'enjeu principal de ce travail est de fournir à la plateforme ingénierie-santé un Business Plan lui permettant d'opter ou non pour la création d'une nouvelle filière de formation en ingénierie biomédicale. Sur la base de recommandations, le mandant devra disposer d'éléments de réponse par rapport :

- Aux méthodes d'enseignements possibles (durée, cursus, titre, forme)
- Aux compétences à acquérir par les ingénieurs
- A la plus value qu'une telle formation apporterait aux ingénieurs et aux employeurs
- Aux moyens de financement possible de la formation et la répartition des charges entre les différentes parties prenantes

4.8 Délivrables

Ce travail débouche sur 5 délivrables :

1) Une identification des connaissances à acquérir par un étudiant en ingénierie médical
2) Une proposition du contenu de la future formation en ingénierie médicale
3) Une évaluation financière du coût de la formation pour chacune des parties prenantes
4) Une étude de faisabilité et une identification des plus-values d'une telle formation
5) Des recommandations

4.9 Démarche méthodologique

Certains éléments de la méthodologie initiale (préétude) se sont avérés peu pertinents et ont subi des modifications:

- *Premièrement, il a été décidé avec le Professeur Dr Alain Boutat qu'une analyse de la situation initiale devait être ajoutée à l'étude afin de définir l'environnement dans lequel cette nouvelle formation prendrait place.*
- *Deuxièmement, la recherche documentaire a montré que les méthodes d'enseignement des trois écoles françaises étaient pratiquement similaires. Il a donc été choisi d'analyser uniquement l'Institut Supérieur d'Ingénieurs de Franche-Comté pour la France et une étude des méthodes d'enseignements à l'Université de Furtwangen, en Allemagne, a été ajoutée à l'étude.*
- *Troisièmement, il s'est avéré qu'interviewer des professionnels de l'ingénierie biomédicale sur leurs travails quotidiens afin de déterminer le contenu de la future formation n'était pas la bonne méthode. En effet, il a été rapidement constaté qu'aucune formation ne pouvait couvrir l'énorme diversité des activités de ce domaine et les ingénieurs biomédicaux consultés de manière formelle ou informelle ont été d'avis qu'il ne fallait pas essayer de réinventer la roue, mais que l'essentiel était d'offrir aux ingénieurs une formation*

biomédicale « généraliste » calquée sur les méthodes d'enseignements existantes à Berne ou à l'étranger.

- *Finalement, deux entretiens avec des professeurs de l'HESAV et de la HEIG se sont avérés nécessaires et ont été ajoutés à l'analyse dans le but d'évaluer les différentes alternatives quant à la mise en place d'une formation.*

4.9.1 Méthodologie générale

Dans un premier temps, l'information a été recueillie au moyen de la recherche documentaire afin de déterminer dans quelle situation la Suisse se trouvait au point de vue de la formation d'ingénieurs biomédicaux, quelles écoles étrangères seraient intéressantes à analyser et quelle était l'actualité du domaine. Une brève étude sur les intérêts de la création d'une formation a ensuite été effectuée à l'aide de l'analyse PEST et de l'analyse MOFF. L'analyse PEST comporte quatre dimensions de l'environnement externe : politico-légale, économique, socio-culturelle et technologique. L'analyse MOFF examine quant à elle les menaces et les opportunités de la mise en place d'une nouvelle formation, ainsi que les faiblesses et les forces de la HEIG, de l'HESAV et de la plateforme ingénierie-santé. Le diagnostic de la situation actuelle a été complété par des entretiens avec des professionnels du domaine de la formation, de l'ingénierie et/ou de la santé.

Dans un deuxième temps, une identification de la formation type de l'ingénieur biomédical a été effectuée grâce à l'analyse de deux écoles d'ingénierie biomédicale réputées, celle de Furtwangen en Allemagne et celle de Besançon en France. Cette phase de récolte d'information a permis de recenser : les matières dispensées, la durée du cursus, les qualifications requises à l'inscription ainsi que les types de formation proposés (Master, bachelor,...). Les éléments ne figurant pas sur les documentations mises en libre accès sur internet ont été obtenus au travers d'un entretien semi-directif avec M. Dietz, responsable du Master « Biomedical ingineering » à l'université de Furtwangen et un entretien téléphonique directif avec le secrétariat de L'ISIFC (Institut Supérieur d'Ingénieurs de Franche-Comté) à Besançon. Ces deux formations ont ensuite été brièvement comparées à celle offerte à la haute école de Berne. L'étude de ces trois formations mises en relation avec l'analyse des entretiens semi-directifs a permis d'effectuer une proposition de contenu pour la future formation.

Dans un troisième temps, une évaluation des possibilités de financement de la formation a été effectuée à l'aide de documents officiels de la confédération et du canton de Vaud, avant de procéder à une identification des plus-values qu'apporterait une telle formation à l'ingénieur et son employeur a été effectuée à l'aide de témoignage et de documents en libres accès sur internet.

Dans un quatrième et dernier temps, des recommandations ont pu être développées en vue du développement d'une filière de formation en ingénierie biomédicale.

4.9.2 Entretiens semi-directifs

Dans le cadre de ce mandat, l'étudiant a consulté 9 professionnels du domaine de la formation, de l'ingénierie et/ou de la santé en menant avec eux des interviews personnelles ou téléphoniques basées sur un guide d'entretien. La grande majorité des personnes interrogées se sont montrées très intéressées par le développement d'une filière en ingénierie biomédicale et

ont volontiers partagé leurs connaissances. Elles ont répondu aux questions de manière ouverte et appropriée, ce qui atteste de la pertinence des résultats.

Quantité d'informations ont été recueillis grâce aux interviews. Toutefois, étant donné le caractère qualitatif de l'enquête, celles-ci ne permettent pas de tirer des conclusions sur le point de vue de l'ensemble. Les résultats décrits dans ce rapport ne sont donc pas représentatifs au sens statistique. Plusieurs avis d'experts rencontrés lors de conférences, lors d'entretiens avec les parties prenantes ou tout simplement de manière fortuite ont aussi été utilisés dans ce rapport. Le résultat des entretiens semi-directifs est disponible en annexes sous forme de résumés ou de verbatim.

2ème PARTIE

5 Partie théorique

Cette partie expose les différents outils d'analyse utilisés dans ce travail ainsi que des définitions et des renseignements sur le système éducatif Suisse.

5.1 Analyse de l'environnement

Afin de se prémunir contre les menaces et de pouvoir profiter des opportunités, toute personne physique ou morale doit scruter continuellement l'environnement dans lequel il évolue. Pour effectuer les bons choix, il doit l'analyser, établir des diagnostics et s'adapter rapidement afin de progresser dans un système de mouvement continu.[9]

Principalement utilisée en entreprise, la stratégie d'analyse de l'environnement reste pertinente à toute activité de la vie. En effet, l'environnement influence et exerce des pressions ou des contraintes qui peuvent avoir des répercussions sur toutes décisions. L'environnement peut être étudié avec le modèle d'analyse PEST ou MOFF décrits ci-dessous.

5.1.1 Analyse PEST

L'analyse PEST est un outil de stratégie utilisé pour analyser l'environnement externe dans lequel une organisation opère. Les facteurs PEST jouent un rôle important dans les opportunités de création de valeur d'une stratégie. Cependant ils sont habituellement en dehors du contrôle de l'entreprise et doivent être considérés en tant que menaces ou opportunités. Certains éléments sont donc un atout pour une société et un handicap pour une autre.[10]
Ce modèle permet d'assurer à une entreprise que sa stratégie est cohérente avec les différentes forces de changement de l'environnement. Il peut également être utilisé lors du développement d'une nouvelle activité dans une région afin d'adapter le déploiement aux changements environnemental.

[9] BERLAND, Nicolas, DE RONGE, Yves, Contrôle de gestion : perspectives stratégiques et managériales, Pearson Education, 2010, 534 pages.
[10] http://lyclic.fr/upload/profil_65/doc_50924eb59e63a.pdf [En ligne], (Consulté le 03.03.2014)

Les quatre dimensions du modèle sont[11] :

1. L'aspect politico-légal peut faire état des politiques fiscales, des lois sur l'emploi, de l'organisation du gouvernement, de la réglementation sur la concurrence, des réglementations de sécurité, mais également des normes de qualité. Dans ce travail, cet aspect permet de mettre en évidence les réglementations et les projets étatiques du secteur de l'éducation liée au monde médical.

2. L'aspect économique affiche la croissance économique, la répartition des dépenses publiques, le taux de croissance des salaires réels, le niveau de vie, le pouvoir d'achat, l'importance économique du secteur de la santé. Il permet de ce fait d'évaluer la situation future du domaine.

3. L'aspect social exprime la répartition des revenus, la démographie, le taux de croissance de la population, la distribution d'âge, le niveau de formation des personnes actives, l'essor des HES ces prochaines années, le nombre d'employé du secteur de la santé.

4. Finalement, l'aspect technologique décrit les dépenses gouvernementales en matière de recherche, les innovations, le cycle de vie et la vitesse d'obsolescence technologique, mais également l'utilisation et les coûts de l'énergie. Cet aspect clé montrera les opportunités technologiques.

5.1.2 Analyse MOFF

L'analyse MOFF permet d'identifier les axes stratégiques à développer.

L'analyse interne est construite au travers de deux aspects, les forces et les faiblesses. Dans cette étude, il s'agira de faire un diagnostic rapide de l'HEIG-VD, de l'HESAV et de la plateforme ingénierie-santé eu égard au projet de lancement d'une formation d'ingénieur biomédical. Elle permettra d'identifier les points forts et les points faibles de chacune de ces entités en parallèle avec l'action projetée. Il conviendra principalement d'examiner les ressources de celle-ci, ses activités et ses performances. Ce diagnostic devra présenter les forces et les faiblesses liées aux aspects internes actuels.

Par exemple, leurs tailles, leurs notoriétés, leurs expériences en matière de partenariat, leurs réseaux, leurs ancrages locaux, leurs organisations et leurs moyens humains seront des points importants pour définir leurs forces et leurs faiblesses.

L'analyse de l'environnement externe s'intéressera quant à elle aux opportunités et aux menaces. Dans ce travail ces deux aspects devront permettre de détecter les capacités ou les difficultés du projet à s'insérer dans l'environnement.

Il pourra s'agir, par exemple, de l'émergence d'une nouvelle réglementation, de tendances quant aux pourcentages d'étudiants qui poursuivent leurs études au-delà du bachelor, d'exigences sur la mise en place d'une formation, du manque de personnel qualifié, etc.

[11] DURAND, Rodolphe, DUSSAUGE, Pierre, GARRETTE, Bernard, Strategor : toute la stratégie d'entreprise, 5e édition, Dunod, 2009

La finalité de l'élaboration de cette matrice MOFF sera de s'appuyer sur les différents témoignages des parties prenantes, sur l'analyse PEST ainsi que sur l'analyse interne et externe réalisée pour prendre une décision stratégique qui permet au projet de contrer les menaces et de saisir certaines opportunités de son environnement. Le choix de cette stratégie de développement sera notamment fait grâce à la matrice de confrontation (décrite ci-dessous) qui découle directement de l'analyse MOFF.

MATRICE DE CONFRONTATION DES FACTEURS INTERNES / EXTERNES

Externe / Interne	Opportunités	Menaces
Forces	Stratégie d'attaque	Stratégie d'ajustement
Faiblesses	Stratégie de défense	Stratégie de survie

Tableau 1 : Matrice de confrontation des facteurs internes/externes[12]

LA STRATÉGIE D'ATTAQUE

Elle consiste à utiliser les avantages que confère la situation actuelle par rapport à l'environnement. Cela peut correspondre à une organisation performante, une demande future jugée importante, un environnement favorable, des procédures bien établies, etc. La stratégie d'attaque peut être momentanée ou prévue sur le long terme.

LA STRATÉGIE D'AJUSTEMENT

Cette stratégie suggère de s'adapter plutôt que de créer. Dans ce travail, elle consisterait à adapter l'offre actuelle en options biomédicales à la HEIG-VD. Cette stratégie est utilisée en général lors d'un changement de règle ou de l'apparition de nouvelles lois, d'une innovation, d'une crise, d'un changement brusque des besoins ou de l'apparition de nouvelles méthodes.

LA STRATÉGIE DE DÉFENSE

Dans cette situation, la stratégie est de surveiller son environnement et d'analyser les conséquences d'une modification de stratégie chez ses concurrents. Cette situation est due à des faiblesses permettant par exemple aux concurrents de saisir l'opportunité de conquérir les marchés. Il faut donc agir sur ses faiblesses pour les faire disparaître et rechercher des opportunités pour rebondir.

LA STRATÉGIE DE SURVIE

Dans une situation difficile due à la fois à des faiblesses internes, mais aussi à des menaces de l'environnement, la stratégie de survie indique qu'il faut apprendre à contourner les difficultés et rebondir sur les opportunités.[13]

[12] GAUTHY-SINECHAL, Martine, VANDERCAMMEN, Marc, Etudes de marché : méthodes et outils, 3e édition, De boeck, 2010, 462 pages.
[13] http://www.123business-fr.com/swotanalysis.html. [En ligne], (Consulté le 17.04.2014)

5.2 Système éducatif suisse

Le système éducatif suisse comprend les degrés de formation suivants:

- l'école enfantine
- le degré primaire
- le degré secondaire I
- le degré secondaire II: écoles de maturité gymnasiale, écoles de culture générale
- le degré tertiaire: examens professionnels fédéraux, examens professionnels fédéraux supérieurs, écoles supérieures, hautes écoles universitaires, hautes écoles spécialisées, hautes écoles pédagogiques

L'instruction publique est du ressort des 26 cantons. Les cantons sont souverains en la matière aussi longtemps que cette souveraineté n'est pas déléguée à la Confédération par la Constitution fédérale. Le postobligatoire, par exemple, est placé sous la responsabilité commune de la Confédération et des cantons, qui y ont chacun leurs compétences propres.[14]

PRESENTATION GRAPHIQUE DU SYSTEME EDUCATIF POSTOBLIGATOIRE SUISSE

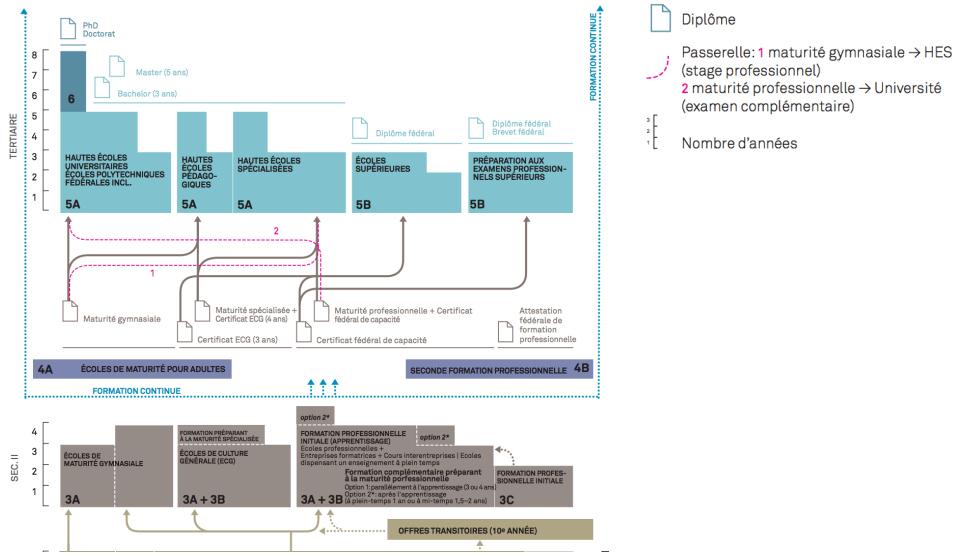


Figure 2 : Présentation graphique du système éducatif postobligatoire Suisse[15]

Le système suisse de formation dispose d'un haut degré d'adaptabilité. En effet, comme le montre les flèches sur la figure 2, plusieurs voies s'offrent à qui veut se former, changer d'école, de formation ou rattraper une formation. De plus, l'accès aux différentes formations est très ouvert. Une personne ayant les qualifications requises peut suivre la formation de son choix et, dans le cas des hautes écoles, déterminer également le lieu de formation de son choix.

5.2.1 Etudes supérieures

Une large palette de filières de formations académiques ou pratiques peut être effectuée en haute école. Les admissions s'effectuent en général sur présentation d'un certificat de maturité gymnasiale ou d'un certificat fédéral de maturité professionnelle.

[14] http://www.edk.ch/dyn/11709.php [En ligne], (Consulté le 08.04.2014)
[15] http://www.edudoc.ch/static/web/bildungssystem/grafik_bildung_f.pdf [En ligne], (Consulté le 08.04.2014)

On trouve en Suisse trois types de hautes écoles publiques:

- les hautes écoles universitaires: universités cantonales et EPF
- les hautes écoles spécialisées
- les hautes écoles pédagogiques

En décembre 2003, la Suisse a adopté les directives de Bologne qui constituent le cadre légal de l'introduction de la réforme de Bologne au sein des hautes écoles suisses. « *Elles prescrivent les éléments suivants:*

- *un système d'études composé de trois niveaux : Bachelor (180 crédits), Master (90 ou 120 crédits) et doctorat*
- *l'introduction du système de crédits ECTS – 1 crédit correspond à une charge de travail de 25 à 30 heures*
- *l'admission sans conditions d'un titulaire d'un bachelor d'une université suisse aux cursus de Master dans la même branche d'études*
- *la dénomination commune des titres universitaires* »[16]

5.2.2 Modèles d'études supérieures pour les HES

Depuis la rentrée 2008, les hautes écoles spécialisées ont la possibilité de proposer à leurs étudiants des filières d'étude Master ou des formations continues allant dans le prolongement des filières bachelor.

Master

Les filières au niveau Master dispensent des connaissances complémentaires et spécialisées dans la discipline choisie. Une filière d'études Master auprès d'une haute école spécialisée totalise en générale 90 crédits ECTS. Des raisons importantes peuvent toutefois justifier un volume d'études de 120 ECTS. *« L'accès à cette filière HES de niveau Master présuppose l'obtention du bachelor ou d'un diplôme HES équivalent. Les études aboutissent au titre Master of Arts MA ou Master of Science MSc»*[17]. Le Master permet aux titulaires d'un bachelor d'acquérir un savoir approfondi et spécialisé et d'obtenir un diplôme professionnalisant supérieur.

Formation continue

La formation continue en HES peut, quant à elle, s'entreprendre à quatre différents niveaux de certification[18] :

- Un **MAS** (Master of Advanced Studies) ou un **EMBA** (Executive Master of Business Administration). Ces certifications sont délivrées au terme d'une formation d'au moins une année. Ils sont généralement assortis de 60 crédits ECTS.
- Un **DAS** (Diploma of Advanced Studies). Ce diplôme est délivré au terme d'une formation d'au moins 300 heures. Dans la plupart des cas, un travail de mémoire est demandé. Cette certification est généralement assortie de 30 à 59 crédits ECTS.
- Un **CAS** (Certificate of Advanced Studies) est délivré au terme d'une formation d'au moins 150 heures. Il est généralement assorti de 10 à 29 crédits ECTS.

[16] http://www.crus.ch/information-programmes/bologne-enseignement/espace-europeen-denseignement-superieur-ehea/la-reforme-de-bologne-en-bref.html?L=1 [En ligne], (Consulté le 11.04.2014)
[17] http://www.sbfi.admin.ch/fh/02142/02159/index.html?lang=fr [En ligne], (Consulté le 14.04.2014)
[18] Directives-cadres relatives à la formation continue en HES-SO, Version du 9 mai 2008, 5 pages

Accréditation

Toute nouvelle filière d'étude Master est soumise à une procédure d'accréditation régie par la convention entre la Confédération et les cantons sur la création de filières d'études Master dans les hautes écoles spécialisées du 24 août 2007 (Etat le 1er janvier 2013).

Ce système d'accréditation est dirigé par Le Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche (DEFR) et par la Conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique (CDIP).

« *Les décisions du DEFR prévoient pour l'accréditation un délai de trois ans à compter du lancement de la filière d'études. Les désignations des filières d'études Master sont fixées lors de l'accréditation (cf. art. 1, al. 4, OHES). Une fois la filière d'études accréditée, la haute école spécialisée peut continuer à gérer la filière d'études pour une durée illimitée (cf. art. 3, al. 3, de la convention Master HES). L'accréditation consiste à vérifier le respect des normes de qualité telles que définies dans l'annexe des directives du DEFR pour l'accréditation des hautes écoles spécialisées et de leurs filières d'études (directives d'accréditation des HES). L'accréditation fournit aussi des éléments sur le respect effectif d'importantes conditions d'autorisation (p. ex. qualification des enseignants, pôle de recherche d'importance nationale, etc.). L'accréditation est une procédure qui se déroule en trois étapes: auto-évaluation, visite sur place d'un groupe d'experts et recommandation d'accréditation.* »[19]

5.3 Définition et délimitation de l'ingénierie biomédicale

Le champ d'activité de l'ingénieur biomédical est extrêmement vaste et est lié à plusieurs types d'industries tels que les hôpitaux, les établissements de soins, les entreprises de conception de dispositifs médicaux (medtech, biotech), les entreprises de réglementation, les assurances, les entreprises pharmaceutiques, les centres de recherche des hôpitaux universitaires, etc. Les fonctions des ingénieurs biomédicaux peuvent être plus ou moins variées selon la taille de la structure dans laquelle ils exercent. Dans une petite ou moyenne structure, ils sont généralement les seuls à avoir la double formation ingénierie et « santé » et doivent faire preuve de compétences techniques diverses et variées. Dans une structure de taille importante à l'inverse, ils sont généralement spécialistes dans un champ d'action. Dans les deux cas, les ingénieurs biomédicaux sont fréquemment amenés à encadrer des équipes et à gérer des impératifs techniques et financiers[20].

Voici certaines spécialisations propres au métier d'ingénieur biomédical :

- **La Recherche**
  « *Dans la recherche médicale et biomédicale, l'ingénieur est impliqué dans la solution des problèmes de base et le développement des technologies médicales. Il exerce en étroite collaboration avec d'autres scientifiques professionnels, en particulier les médecins.*

[19] Secrétariat d'Etat à la formation, à la recherche et à l'innovation. Rapport sur les filières d'études Master, Version actualisée du 1er octobre 2013. 38 pages

[20] http://www.sante.gouv.fr/ingenieur-bio-medical,10827.html [En ligne], (Consulté le 15.04.2014)
http://www.coria.fr/ibiom/spip.php?article10 [En ligne], (Consulté le 15.04.2014)
http://www.utc.fr/~farges/dess_tbh/96-97/Stages/JABOUR/Jabour.htm [En ligne], (Consulté le 15.04.2014)

- **Développement**
  « *L'ingénieur conçoit et optimise des dispositifs médicaux. Il doit disposer de compétences scientifiques et techniques (physique, électronique, informatique, mécanique...) et connaitre le respect des normes de qualité et de fiabilité imposées*[21]. »
- **Ingénieur biomédical hospitalier**
  « *Dans un hôpital, l'ingénieur biomédical est responsable du patrimoine d'équipements médicaux, il donne son avis sur leur choix et leur utilisation. Il supervise leurs performances, leur maintenance et encadre une équipe de techniciens. Il travaille en étroite liaison avec la direction, le corps médical et les cadres de santé.* [« *Il peut également, s'il y a lieu, exécuter des tâches similaires sur des équipements électroniques de type industriel. Il est appelé à couvrir tous les services de l'établissement.*[22] »]
- **Ingénieur d'application**
  Il assure le conseil technique et la formation de l'équipe qui va commercialiser le matériel ainsi que la formation des utilisateurs (médecins, corps médical) lors de la mise en service du matériel. Il participe à la commercialisation et la mise en service d'équipements fabriqués par son entreprise, auprès des établissements de santé.
- **Ingénieur qualité, affaires réglementaires**
  Au sein de son entreprise, il est responsable du respect de la conformité des produits, équipements et procédés aux exigences qualité et réglementaires (normes suisses, européennes ou internationales). Il participe aux essais et validations cliniques.
- **Ingénieur-conseil**
  L'ingénieur en poste dans les sociétés de service exerce une activité de conseil en stratégie d'équipement pour les établissements de santé. Il assure la surveillance de la qualité des matériels des cliniques, des hôpitaux, des centres de soins ou coordonne la maintenance de leurs appareils.
- **Ingénieur systèmes d'information santé**
  Au sein des entreprises d'édition de logiciels pour la santé, il assure la conception, le développement et l'intégration des applications. Il effectue également l'assistance à la maîtrise d'ouvrage des systèmes d'information médicaux (expertise technique et fonctionnelle). Il peut être responsable et coordinateur de systèmes d'information de santé (réseaux de soins…). »
- **Ingénieur gestionnaire**
  L'ingénieur est aussi un représentant de son entreprise. Il est un interlocuteur pour les médecins, les compagnies pharmaceutiques, le personnel de maintenance technique et l'administration de l'hôpital. Il dirige les opérations techniques de l'entreprise en assurant les services de présentations et de démonstrations des dispositifs médicaux.[23]»

L'ingénierie biomédicale est un monde très vaste caractérisée par une large palette de profils professionnels avec un haut degré de spécialisation.

---

[21] http://en.hs-furtwangen.de/study-programmes/faculty/mechanical-and-medical-engineering/biomedical-engineering-Master.html [En ligne], (Consulté le 24.03.2014)

[22] http://www.sauvedesvies.com/Metiers/Technicienne-en-genie-biomedical.shtml [En ligne], (Consulté le 26.03.2014)

[23] Génie biomédical - Les technologies les plus avancées au service de la santé. Date : Janvier 2013. Type de publication : Document universitaire français. 4 pages

3ème PARTIE

6 Partie Pratique

6.1 Diagnostic de la situation initiale

Cette partie a pour but de présenter brièvement les différentes parties prenantes à cette étude ainsi que mettre en avant leurs positions quant à l'introduction d'une nouvelle formation en ingénierie biomédicale. Ce diagnostic de la situation et de ces contraintes a été réalisé au moyen de la recherche documentaire et d'entretiens semi-directifs avec des professionnels de la formation, de l'ingénierie et/ou de la santé. L'analyse PEST, ainsi que le tableau MOFF permettent de comprendre l'impact de l'environnement sur la mise en place d'une telle formation et d'identifier les influences des différentes parties prenantes.

6.1.1 Présentation de la plateforme Ingénierie Santé

La HEIG-VD et l'HESAV ont institué en novembre 2012 une plateforme ayant pour principal objectif de favoriser la réalisation de projets de Ra&D communs entre les disciplines de l'ingénierie et celles de la santé. Depuis, les efforts des collaborateurs impliqués dans ce projet ainsi que l'appui des directions de l'HESAV et de la HEIG-VD ont permis à cette plateforme d'acquérir une visibilité intéressante auprès des entreprises et des institutions de la région. Plusieurs projets conjoints ont déjà pu être montés et menés à bien par la mise en relations des compétences de ces deux hautes écoles. La plateforme offre aujourd'hui essentiellement des services de mise en relation, de promotion, de diffusion d'information et de valorisation des réalisations. Elle sert de point d'accès à toutes personnes cherchant un partenariat pour un projet de développement ou de recherche dans le domaine de la santé, impliquant l'utilisation de technologies. En revanche, la plateforme n'est pas un organisme de financement, bien que par la mise en réseau, elle puisse conseiller efficacement ses partenaires pour des recherches de soutien, de compétences et de financement.

Un des objectifs secondaires de cette plateforme est de former des ingénieurs de diverses origines (informaticiens, microtechniciens, télécommunications, systèmes embarqués, microélectroniciens, économistes...) à des notions médicales, biomédicales, chimiques et pharmaceutiques dans le domaine du vocabulaire, le domaine juridique, des connaissances d'anatomie, de radioprotection, de procédures, de validations, etc. D'une manière réciproque, cette plateforme a pour objectif de proposer une formation complémentaire en ingénierie aux professionnels de la santé, leur apportant une connaissance plus pointue des technologies utilisées dans le domaine de la santé.

De par son succès, cette plateforme a pris conscience de l'énorme potentiel du domaine, et par voie de conséquence, de l'intérêt qu'il y a de mutualiser ces compétences dans le cadre d'entreprises communes. Certaines options de la formation de master MSE proposées par la HEIG-VD vont d'ores et déjà dans ce sens[24].

[24] Markus. Jaton, La plate-forme Ingénierie-Santé. Bilan de fonctionnement 2ème révision. 01/07/14, 9 pages

6.1.2 Présentation de la HEIG-VD

La HEIG-VD a été créée en 2006 suite au regroupement de l'Ecole d'ingénieurs (EIVD) et de la Haute école de gestion. Avec plus de 2'000 étudiant-e-s (deux tiers d'ingénieurs, un tiers d'économiste en 2012), elle est aujourd'hui la plus grande institution partenaire de la Haute Ecole Spécialisée de Suisse Occidentale (HES-SO) et offre à Yverdon-les-Bains dix filières de formation HES dans les domaines de l'ingénierie et de l'économie d'entreprise. Cela ne représente pas moins de 21 opportunités d'orientations pour les étudiants, dont certaines peuvent être effectuées à plein temps ou en cours d'emploi. L'image ci-dessous montre que les départements TIC et TIN sont ceux qui proposent le plus de filières[25].

FORMATIONS BACHELOR À LA HEIG-VD

› Département	» Filière	»» Orientation / Option
Haute Ecole de Gestion (HEG)	Economie d'entreprise	Economie d'entreprise
Technologies industrielles (TIN)	Energie et techniques environnementales	Energétique du bâtiment
		Thermique industrielle
		Thermotronique
	Génie électrique	Electronique - automatisation industrielle
		Electronique embarquée - mécatronique
		Systèmes énergétiques
	Microtechniques	Mécatronique
	Systèmes industriels	Conception
		Ingénierie
Technologie de l'information et de la communication (TIC)	Informatique	Logiciel
		Informatique embarquée
		Systèmes de gestion
	Télécommunications	Réseaux et services
		Sécurité de l'information
Environnement construit & Géoinformation (EC+G)	Géomatique	Génie de l'environnement
		Construction et infrastructures
		Géomatique et gestion du territoire
COMEM+	Ingénierie des médias	Gestion des médias imprimés et interactifs
		IT Management
	Ingénierie de Gestion	Ingénierie de Gestion

Figure 3 : Formations bachelor à la HEIG[26]

La HEIG-VD propose également trois Masters of Sciences en « Business Administration », en « Ingénierie du territoire » et en « Engineering » ainsi qu'un vaste programme de formation continue.

Tirant notamment ces racines du Technicum Cantonal Vaudois (TCV) créé à Lausanne en 1956, la HEIG-VD est aujourd'hui forte d'une expérience de plus de 50 ans dans l'ingénierie et a tissé des liens solides avec les milieux économiques et industriels. En effet, très active dans le transfert et les échanges de connaissances, la HEIG-VD est une partenaire importante pour les PME de par ses activités de R&D. Elle a divisé ses activités de Ra&D au sein de 12 instituts, dont 7 sont intéressés à une participation à la plate-forme Ingénierie-Santé[27] :

- iAi : institut d'Automatisation Industrielle
- iGT : institut de Génie Thermique
- SIM : institut des Systèmes d'information embarqués
- COMATEC : institut de Conception, Matériaux, Emballage et Conditionnement
- MNT : institut de Micro et Nano Techniques
- IICT : institut des Technologies de l'Information et de la Communication
- REDS : institut des systèmes reconfigurables et embarqués

[25] http://www.heig-vd.ch/presentation [En ligne], (Consulté le 06.05.2014)
[26] http://www.heig-vd.ch/formations/Bachelor [En ligne], (Consulté le 06.05.2014)
[27] Markus. Jaton, La plate-forme Ingénierie-Santé. Bilan de fonctionnement 2ème révision. 01/07/14, 9 pages

La HEIG-VD est répartie entre trois sites proches les uns des autres : le bâtiment principal à la route de Cheseaux, le Centre St-Roch et le Centre Y-Parc. En 2014, un large crédit d'ouvrage a été accordé par le Conseil d'État pour l'extension de l'immeuble de Cheseaux[28].

6.1.3 Résultat de l'entretien avec la HEIG-VD

M. Maillefer est un ingénieur en microtechnique diplômé de l'EPFL. Il a par la suite travaillé dans le domaine « medical Device ». Aujourd'hui, certains de ces cours sont à caractère biomédical, notamment un cours à options Master sur les exigences réglementaires ainsi qu'un cours bachelor d'introduction aux dispositifs médicaux.

L'offre actuelle d'options en génie biomédicale à la HEIG-VD n'est pas suffisante pour justifier une qualification « BioMed ». Les ingénieurs qui le souhaitent peuvent entreprendre un total de 7 ou 8 cours à option et peuvent effectuer leurs travaux de Master dans ce domaine, mais cela n'est pas un master biomédical dans le sens où sûr le diplôme final, leurs options ne sont écrites nulle part.

Plusieurs professeurs de la HEIG-VD ont de l'intérêt pour l'ingénierie biomédical. Certains ont même travaillé dans le domaine et peuvent enseigner quelques aspects de cette branche d'activité. A Cheseaux, des laboratoires dispose d'un peu de matériel médical et certaines infrastructures permettent le développement de dispositifs médicaux mais au-delà de ça, aucun laboratoire dispose des éléments nécessaires à la formation d'ingénieurs biomédicaux.

La formation post-bachelor est la plus adaptée à l'ingénierie biomédicale car c'est souvent tard que les ingénieurs se découvrent une passion pour ce domaine. En général, il faut d'abord que les étudiants aient de bonne notion en ingénierie avant de comprendre la mécanique et les possibilités du secteur biomédical. Dans le sens contraire, avoir des professionnels de la santé qui se découvre une passion pour l'ingénierie est moins fréquent et le retard paraît plus difficile à rattraper. Une formation homogénéisée pour ces deux populations paraît impossible.

En cas de développement d'un master en ingénierie biomédicale, il est vrai qu'il serait souhaitable que la formation soit en anglais, car la documentation n'existe quasiment que dans cette langue. Toutefois, le niveau général d'anglais des ingénieurs de la HEIG-VD est extrêmement faible et cette formation ce retrouverait assez durement confronté à la réalité. Il est donc nécessaire que tout ce qui peut être fait en français le soit.

Les options « biomed » ou « biotech » proposées actuellement aux ingénieurs en master (in Engineering) marche assez bien. En 2013, 13 étudiants étaient véritablement intéressés par cette voie et auraient sans doute suivi un master en ingénierie biomédicale si celui-ci existait.

Un tel master nécessite 4 semestres. Lors du dernier semestre, la thèse doit être effectuée en partenariat avec l'industrie. Une telle formation demande aussi un partenariat solide avec un hôpital universitaire. Le CHUV ou l'HUG semblent idéals du fait de leurs longues expériences dans le domaine de la recherche.

[28] http://www.publidoc.vd.ch/guestDownload/direct?path=/Company%20Home/VD/CHANC/SIEL/antilope/objet/CE/Communiqu%C3%A9%20de%20presse/2012/01/377930_Extension%20de%20la%20HEIG-VD%20-%20projet%20de%20d%C3%A9cret_20120112_910368.pdf [En ligne], (Consulté le 28.03.2014)

6.1.4 Présentation de l'HESAV

La Haute école cantonale vaudoise de la santé a été créée le 1er octobre 2002 et compte aujourd'hui plus de 800 étudiantes et étudiants en formation initiale. Elle offre quatre filières de formation bachelor HES :

- Soins infirmiers
- Physiothérapie
- Sage-femme
- Technique en radiologie médicale.

Ainsi que des formations continues et postgrade pour les professionnels de la santé.

Installée sur le site hospitalier universitaire vaudois, l'HESAV collabore étroitement avec le CHUV et la Faculté de biologie et de médecine (FBM) de l'Université de Lausanne, bénéficiant ainsi de l'apport de professeur-e-s, médecins et chercheur-e-s réputés.[29]

De plus, l'HESAV collabore avec des partenaires romands, nationaux et internationaux, des milieux de la pratique, de la recherche et de la formation. Elle participe au développement intellectuel, scientifique et économique de la ville de Lausanne, du canton de Vaud et de la Suisse romande. [30]

L'HESAV disposera à l'horizon 2020 d'un nouveau Campus Santé à Dorigny, à proximité de l'UNIL et de l'EPFL.

Ses activités de recherche et de développement sont regroupées au sein de l'Unité de Recherche en Santé (URS) qui est une unité transversale. Cette unité est dirigée par la doyenne de la Ra&D et des prestations de services. Les collaborateurs de l'HESAV sont rattachés à l'une des quatre filières professionnelle ou à l'unité de Recherche en Santé (URS). Plusieurs d'entre eux ont montré un intérêt direct à une participation à la plateforme ingénierie-santé et à ses activités.

6.1.5 Résultat du questionnaire adressé à l'HESAV

Un résumé complet des questions adressées à Monsieur Régis Le Coultre, ainsi que ces réponses se trouvent en annexe N° 3.

M. Régis Le Coultre est professeur à la Haute école de Santé Vaud, responsable pédagogique du CAS en Pratique de l'imagerie médicale et membre de la plateforme ingénierie-santé.

Les besoins d'innovations en dispositifs médicaux sont ordinairement identifiés par des professionnels de la santé, puis réalisés par des ingénieurs. Un lien très fort existe donc entre ces deux domaines d'activités. Pourtant, le très haut niveau de technicité propre à ces spécialités rend souvent le dialogue entre ces mondes difficiles et les prototypes proposés par les ingénieurs sont fréquemment très loin d'avoir les aspects pratiques exigés ou souhaités. Il faut donc énormément de temps pour arriver à un produit final exploitable.

Le fait de former un ingénieur à certains domaines de la santé ou, vice versa, de former un professionnel de la santé à l'ingénierie réduirait considérablement le temps de création d'un

[29] http://international.hesav.ch/ [En ligne], (Consulté le 04.04.2014)
[30] http://www.vd.ch/themes/formation/enseignement-superieur/liste-des-institutions/HESAV/ [En ligne], (Consulté le 04.04.2014)

nouveau dispositif et par conséquent, sont coût. De plus, cette double culture résulterait forcément à des innovations.

L'HESAV dispose des infrastructures et des connaissances nécessaires pour former des ingénieurs aux domaines de la santé. Sa relation privilégiée avec le CHUV et la Faculté de biologie et de médecine (FBM) de l'Université de Lausanne lui permettrait, le cas échéant, de contacter le spécialiste à même de donner la meilleure formation aux ingénieurs. De plus, l'HESAV dispose d'un accès privilégié au Centre Coordonné de Compétences Cliniques[31] (C4). L'utilisation d'un tel site permettrait à la formation d'ingénieurs biomédicaux d'avoir une réelle orientation pratique.

Du reste, un nouveau site de simulation sera construit en 2020 à Dorigny et regroupera sous un même toit les filières de l'HESAV. Ce nouveau centre disposera de toute une palette d'équipements afin reproduire au mieux l'environnement clinique. En cas de création d'une nouvelle filière d'étude en ingénierie biomédicale en partenariat entre l'HEIG-VD et l'HESAV, ce nouveau centre constituerait une réelle opportunité pour les deux parties, d'un côté les ingénieurs pourraient profiter de cet environnement pour se former et y côtoyer des spécialistes santé, de l'autre, ils pourraient y assurer l'entretien des dispositifs médicaux et y ajouter des innovations.

Pour M. Le Coultre, l'idéal serait de pouvoir rassembler dans une même formation supérieure les étudiants en santé et les étudiants en ingénierie sans toutefois homogénéiser leurs formations. Le but est qu'il y ait un partage de connaissance tout au long de leurs cursus et que des projets soient menés en commun.

6.1.6 Résultat d'un questionnaire adressé à un ingénieur biomédical

Un résumé complet des questions adressées à Monsieur Michael Maier, ainsi que ces réponses se trouvent en annexe N° 4.

M. Michael Maier est un ingénieur biomédical diplômé de l'université de Furtwangen ainsi que de l'université de Lausanne, spécialisé dans la gestion des dispositifs médicaux en phase de démarrage, dans les affaires réglementaires pour les dispositifs médicaux ainsi que dans l'audit des systèmes qualité (interne / fournisseur / certification) dans un environnement ISO.

L'arc lémanique est extrêmement riche en entreprises biotech, medtech ainsi qu'en institution de santé et lorsque que ces entreprises ont recours aux qualifications d'un ingénieur biomédical, elles vont les chercher à Berne ou à l'étranger. En effet, la plupart des entreprises aujourd'hui cherchent à engager du personnel qualifié afin de limiter la formation interne couteuse. C'est pour cela que la création d'une filière d'étude en ingénierie biomédicale en Suisse romande est importante et justifiée.

L'enseignement de l'ingénierie biomédicale doit être fait sous forme de *Master of Science MSc* (3 à 4 semestres) et ne doit être accessible qu'aux ingénieurs diplômés bachelor ou à des professionnels confirmer de l'ingénierie. Cette formation peut s'inspirer de ce qui se fait en

[31] « Le C4 est un centre de simulation. Il s'agit d'un environnement clinique simulé doté de "faux patients" (personnes et mannequins), de dispositifs médicaux, de matériel de soins et de moyens multimédia. Les comportements et les gestes cliniques y sont appris, entraînés et évalués, en toute sécurité ; les apprenants y ont le temps nécessaire à la répétition et à l'analyse. » http://www.c4vaud.ch/objectifs.php [En ligne], (Consulté le 12.04.2014)

France, en Allemagne ou en Italie car cela fait déjà très longtemps que ce domaine d'activité y est enseigné. Il est nécessaire que cette formation soit effectuée en partenariat avec un hôpital universitaire afin d'apporter aux étudiants une formation pratique. De plus, lors de cette formation, il est fortement recommandé d'obliger les étudiants à effectuer un stage de 3 ou 6 mois pour leur permettre d'obtenir une expérience professionnelle et d'effectuer leurs thèses de master pour l'industrie. En vue de la forte domination de l'anglais dans toutes les branches de l'ingénierie biomédicale, il est nécessaire que la formation soit donnée en anglais.

Cette filière d'étude ne doit pas être plus chère que les autres pour les étudiants. Elle ne l'est pas à l'étranger, il n'y a donc pas de raison qu'elle le soit en Suisse. Pour la confédération et les cantons, investir dans une telle filière d'étude ne représente aucun risque. Au contraire, avec ce type de spécialisation les étudiants diplômés de cette filière d'étude trouveront facilement du travail et par conséquent, payeront rapidement des impôts.

M. Maier estime que les financements privés pour cette formation semblent peu envisageables à part en cas de compensation fiscale. Par contre, du matériel sera certainement donné par l'industrie afin que les étudiants soient formés sur leurs dispositifs.

Dès le 2ème ou 3ème semestre, il est important que l'étudiant puisse choisir entre plusieurs options afin se spécialisé dans un domaine de compétence.

Cette formation nécessitera l'intervention de bon nombre d'intervenants externes car il est difficile, voire impossible, pour une seule personne d'être renseignée de l'ensemble des évolutions des différentes branches de ce domaine d'activité. Cela ne devrait toutefois pas poser de problème en vue de l'abondance et de la diversité d'entreprises de ce secteur dans le canton de Vaud.

6.1.7 Analyse PEST

6.1.7.1 Aspect politico-légal

Dans un premier temps, l'analyse porte sur les mesures politiques de la confédération quant au renforcement de la recherche et de la technologie biomédicales. Dans un deuxième temps, l'analyse traite des aspects légaux relatifs à la mise en place d'une structure de formation spécialisée.

La mise en place d'une nouvelle filière d'étude dans une HES Suisse est en partie financée par la confédération et est soumise à la validation d'un organe étatique. Il est donc important que sa nature et ses objectifs concordent avec les enjeux politiques de développement. Dans le domaine de la santé, deux projets important ont été élaborés par les autorités publiques: Santé2020 et Mesures de la Confédération afin de renforcer la recherche et la technologie biomédicales.

1) « Santé2020 »

La stratégie globale Santé2020 fixe les priorités de la politique sanitaire suisse pour huit ans (2012-2020). Le rapport comprend 12 objectifs, répartis entre quatre domaines d'action. Axé sur les défis actuels et futurs dans le domaine de la santé, ce document fut approuvé par le conseil fédéral le 22 juin 2011[32].

[32] DEPARTEMENT FEDERAL DE L'INTERIEUR, Mesures de la Confédération afin de renforcer la recherche et la technologie biomédicales. Date : 18 décembre 2013, 167 pages.

3 objectifs de ce rapport pourraient justifier le développement d'une filière d'étude en ingénierie biomédicale :

- *« Objectif 1.1 : Promouvoir une offre de soins moderne »*

« Les structures, les processus et les offres des systèmes ambulatoires et hospitaliers doivent être adaptés et modernisés de manière à répondre aux exigences démographiques et épidémiologiques, notamment pour ce qui concerne les maladies chroniques et psychiques, ***ainsi qu'à l'évolution médicale et technique. Pour ce faire, il faut mettre sur pied une recherche correspondante. Il faut aussi exploiter les opportunités que représente le progrès médical et minimiser les risques****. Enfin, il s'agit d'appuyer la mise sur pied de modèles de soins intégrés allant des soins urgents aux soins palliatifs en passant par les soins de longue durée. »*[33]

- « *Objectif 3.1: Promouvoir la qualité des prestations et des soins* »

« …La recherche et le développement dans les secteurs médical et technique sont des conditions majeures et nécessaires pour y arriver… »[34]

- *« Objectif 3.2 : Renforcer l'utilisation de la cybersanté »*

« Les instruments de cybersanté doivent permettre d'améliorer la qualité des soins et la sécurité des patients en donnant à tous les soignants accès, partout et à tout moment, aux informations et aux documents importants du patient en question… »[35]

2) « Mesures de la Confédération afin de renforcer la recherche et la technologie biomédicales ».

Soucieux de la récession d'importants marchés étranger, de la dépréciation de l'euro par rapport au franc suisse et de la restructuration de l'industrie pharmaceutique, le parlement, charge début 2013 *« le Conseil fédéral d'établir un Masterplan assorti de mesures permettant de préserver et de renforcer la place de la Suisse pour la recherche, le développement et la production du secteur biomédical.*[36] *»*

Le 18 décembre 2013, le département fédéral de l'intérieur (DFI) publie un rapport intitulé « Mesures de la Confédération afin de renforcer la recherche et la technologie biomédicales ».

Ce Masterplan fait état de l'importance du marché de la santé dans l'économie Suisse et fait le constat que, dû à une demande de prestations de santé internationale croissante et aux avancées fulgurantes de la médecine et de la technologie, ce secteur est en pleine mutation et qu'il faut à tout prix que la Suisse réussisse à s'adapter et s'améliorer afin de créer et de préserver des conditions-cadres favorables dans le domaine de la recherche et de la technologie biomédicales.

[33] OFSP, Département fédéral de l'intérieur DFI, Politique de la santé : les priorités du Conseil fédéral, janvier 2013 page 7 sur 25
[34] OFSP, Département fédéral de l'intérieur DFI, Politique de la santé : les priorités du Conseil fédéral, janvier 2013 page 11 sur 25
[35] OFSP, Département fédéral de l'intérieur DFI, Politique de la santé : les priorités du Conseil fédéral, janvier 2013 page 11 sur 25
[36] DFI, Mesures de la Confédération afin de renforcer la recherche et la technologie biomédicales, 18 décembre 2013, page 6 sur 167

Pour ce faire, le conseil fédéral propose huit objectifs stratégiques principaux[37] :

- Objectifs 2 *« Le renforcement et la poursuite de la croissance de l'économie suisse par les meilleures conditions générales possibles »*
- Objectif 6 « *Le renforcement de l'attractivité et de la crédibilité du système fiscal suisse* »
- Objectif 7 *« Que la Suisse saisisse les chances offertes par les technologies de l'information et de la communication et par d'autres technologies modernes »*
- Objectif 9 *« que les relations entre la Suisse et l'UE soient renforcées »*
- Objectif 10 *« que le développement de la stratégie économique extérieure se poursuive »*
- Objectif 18 *« que l'augmentation des coûts dans le secteur de la santé soit combattue et que la qualité des soins ainsi que la sécurité des patients soient améliorées »*
- Objectif 24 *« que la qualité et la réputation internationale du système suisse de hautes écoles et de la recherche soient garanties ».*

La mise en place d'une formation en ingénierie biomédicale pourrait être cohérente avec les objectifs 7, 18 et 24. De plus, le département fédéral de l'intérieur juge dans ce rapport que le nombre de diplômés en sciences de l'ingénieur et sciences naturelles en Suisse est trop faible alors que les formations dans ces disciplines au degré tertiaire *« sont importantes pour la compétitivité des économies nationales, parce qu'elles constituent une condition importante pour un pôle de recherche et d'innovation efficace ».*[38]

La Confédération et les cantons se sont toutefois donnés pour objectif de proposer un nombre restreint de filières d'études Master ;

- *« Du point de vue de la politique de formation et sous l'angle institutionnel, il est primordial de maintenir et de renforcer les filières d'études bachelor dans le domaine des HES. Les diplômes correspondants devant en principe habiliter à exercer une profession. Le passage au système de Bologne ne doit pas conduire à une prolongation généralisée des formations HES. »*

- *« Eu égard aux moyens financiers et en personnel restreints des HES de droit public, seule une offre limitée de filières d'études master peut être développée. Il s'agit dans tous les cas d'éviter les offres inadéquates et ne réunissant pas la masse critique d'étudiants requise. »*[39]

Axée principalement sur la pratique et la recherche, toute nouvelle filière devra donc apporter aux étudiants des connaissances approfondies attestant d'une qualification professionnelle supérieure. Dans le domaine d'études de la santé, l'accréditation d'une nouvelle filière Master présente un défi de taille car plusieurs demandes ont déjà été effectuées (infirmerie, physiothérapie).

[37] DFI, Mesures de la Confédération afin de renforcer la recherche et la technologie biomédicales, 18 décembre 2013, page 11 sur 167
[38] DFI, Mesures de la Confédération afin de renforcer la recherche et la technologie biomédicales, 18 décembre 2013, page 48 sur 167
[39] DEFR, SEFRI, Rapport sur les filières d'études master, Version actualisée du 1er octobre 2013, page 2 et 4 sur 38

Ci-dessous, deux articles et quatre exigences importantes de cette convention relatives à la gestion de filières d'études Master :

Articles[40]

- *Art. 1 Exigences*

  « Les hautes écoles spécialisées peuvent proposer des filières d'études Master selon l'art. 4, al. 3, LHES[41] *si celles-ci:*

  a. ont une qualité élevée;
  b. sont compétitives;
  c. ont un niveau adéquat;
  d. répondent à un besoin;
  e. sont orientées vers la pratique;
  f. sont compatibles sur le plan international. »

- *Art. 2 Répartition des tâches et coordination*

  « Les hautes écoles spécialisées de droit public veillent à une répartition des tâches et à une coordination optimales avec d'autres hautes écoles spécialisées ou hautes écoles universitaires. »

Cela signifie qu'un partenariat entre la HEIG-VD, la HESAV et l'université de Lausanne représenterait un avantage dans le processus de validation d'un Master. Une bonne coordination avec la Haute école spécialisée de Berne déjà détentrice d'un master en ingénierie biomédicale serait un atout supplémentaire.

Exigences[42]

- 1 Nombre minimal d'étudiants

  « 1.1 Une filière d'études Master d'une haute école spécialisée de droit public doit compter au moins 30 étudiants immatriculés par année.
  1.2 A titre exceptionnel, elle peut être gérée une seule fois avec un nombre minimum de 25 étudiants immatriculés par année.
  1.3 En cas d'exceptions dûment fondées, elle peut être gérée avec un nombre d'étudiants inférieur à celui mentionné aux ch. 1.1 et 1.2. »

- *2 Etendue des études*

  « 2.1 Une filière d'études Master doit totaliser 90 crédits selon le système européen de transfert et d'accumulation de crédits (European Credit Transfer System, ECTS).
  2.2 Si des raisons importantes le justifient, notamment dans la perspective de la reconnaissance internationale des diplômes, la filière d'études Master peut totaliser jusqu'à 120 crédits.
  2.3 Un crédit correspond à un volume de travail de 25 à 30 heures »

- *3 Adéquation de profils de compétences et lien avec la recherche*

  « … 3.2 Elles s'inscrivent dans le prolongement des compétences acquises au terme du cycle bachelor correspondant.
  3.3 Par le degré de qualification visé, les filières d'études Master se distinguent clairement des filières d'études bachelor correspondantes. En cycle Master, les exigences sont explicitement plus élevées qu'en cycle bachelor. En cycle Master, les plans d'études sont dépourvus de tout élément impliquant la

[40] Convention entre la Confédération et les cantons sur la création de filières d'études master dans les hautes écoles spécialisées, 24 août 2007, page 1 sur 6
[41] La loi fédérale sur les hautes écoles spécialisées est disponible en annexe N°2
[42] Convention entre la Confédération et les cantons sur la création de filières d'études master dans les hautes écoles spécialisées, 24 août 2007, page 4 sur 6

répétition de contenus du cycle bachelor; les éléments par nature répétitifs (par ex. la pratique d'un instrument de musique) sont par contre admis.
3.4 Un lien tangible existe entre l'enseignement et la recherche scientifique, en particulier dans la conception de l'enseignement et de l'étude. »

– *6 Pôle de recherche*
« 6.1 Dans le domaine des filières d'études Master correspondantes, les hautes écoles spécialisées attestent de compétences en recherche dont l'importance se situe au moins à l'échelle nationale, ainsi que d'un nombre suffisant d'activités de recherche inscrites dans la durée et en lien avec le monde du travail et avec d'autres institutions.
6.2 Dans le pôle de recherche les concernant, les enseignants disposent, en plus des compétences requises pour l'enseignement, de compétences en recherche. »

6.1.7.2 Aspect économique

La Suisse est solidement positionnée en tant que place économique. Parmi ses atouts figurent la stabilité politique, l'état de droit, l'attrayant système fiscal, la flexibilité de son droit du travail, la qualité de vie élevée, la force d'innovation[43].

En 2013, la Suisse romande affichait un PIB nominal de 149,1 milliards de francs ce qui représentait un quart (24,7%) du PIB suisse. Corrigés de l'inflation, ce PIB était en hausse de 2,1% en termes réels par rapport à 2012[44]. Cette dynamique économique était alors représentative de celle de l'ensemble de la Suisse mais allait à contre-courant de l'économie mondiale, dont le rythme de croissance a stagné.[45]

Depuis l'an 2000 la Suisse romande augmente petit à petit (de l'ordre du dixième ou du centième de pour cent par année) son poids dans l'économie helvétique. En effet, la comparaison du PIB Suisse romand avec celui la Suisse est tendanciellement favorable. Sur dix ans, de 2003 à 2013, ce poids est passé de 24,0% à 24,7% grâce aux secteurs secondaire et tertiaire qui affichaient respectivement une augmentation de 2,8% et 2,3%. Le secteur primaire a quant à lui vu sa valeur ajoutée progresser moins rapidement en Suisse romande (+1,1% en moyenne par an) que sur le plan national (+1,4%).[46]

Formation

Le produit intérieur brut permet non seulement de mesurer le développement d'un pays, mais aussi les ressources investies, notamment dans la formation et l'éducation. Le système éducatif Suisse étant principalement financé par l'état, la croissance économique est essentielle et doit permettre à la confédération de couvrir ses dépenses. Un bon produit intérieur brut rime souvent avec une bonne structure de formation.[47]

[43] http://www.bag.admin.ch/themen/medizin/14583/index.html?lang=fr [En ligne], (Consulté le 13.03.2014)
[44] http://www.journaldunet.com/economie/magazine/classement-pib.shtml, [En ligne], (Consulté le 14.03.2014)
[45] http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/14/05/blank/key/ueberblick.html, [En ligne], (Consulté le 14.03.2014)
[46] http://www.bcf.ch/Upload/Documents/Attachments/pib_romand14.pdf [En ligne], (Consulté le 15.03.2014)
[47] PERELLON, Juan-Francisco, La Qualité dans l'enseignement supérieur : Reconnaissance des filières d'études en Suisse et en Europe - Analyse d'une révolution, collection Le savoir suisse, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2003, 136 pages.

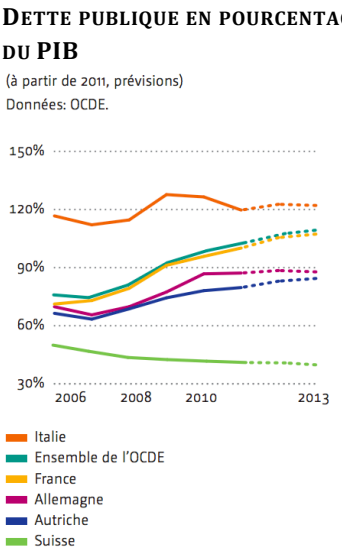


Figure 4 : Dette publique en pourcentage du PIB[48]

La dette publique de la Suisse, mesurée en pourcentage du PIB, est relativement basse en comparaison avec d'autres pays puisqu'elle reste légèrement inférieure à 40%. La plupart des autres Etats industrialisés accusent un taux d'endettement très élevé qui aura probablement un impact durable sur le financement de l'éducation et de la recherche. En effet, comme l'état des finances publiques détermine la marge de manœuvre des gouvernements, une période de faible croissance a notamment des répercussions négatives sur le financement du système éducatif à long terme.

La Suisse consacre environ 5% de son produit intérieur brut à l'éducation, ce qui représentait un montant de quelque 30,8 milliards de francs en 2011[49].

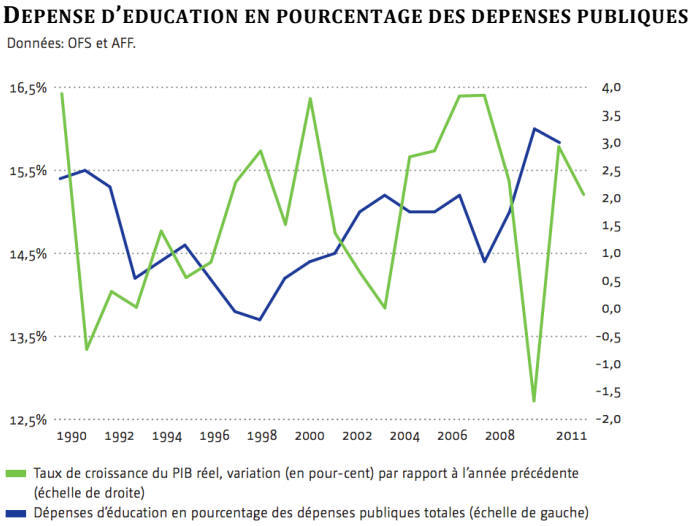


Figure 5 : Dépense d'éducation en pourcentage des dépenses publiques[50]

[48] http://www.skbf-csre.ch/fileadmin/files/pdf/bildungsmonitoring/epaper-bildungsbericht2014fr/index.html#/ [En ligne], (Consulté le 17.05.2014)

[49] http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/15/17/blank/01.indicator [En ligne], (Consulté le 19.05.2014)

Pour ce qui est des cantons, les dépenses publiques d'éducation en pourcentage des dépenses totales oscillent entre 20 et 35%[51].

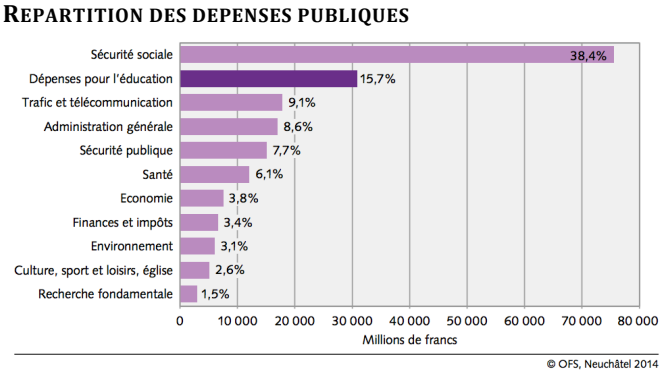


Figure 6 : Répartition des dépenses publiques selon les postes budgétaires

En Suisse, le taux de croissance des salaires réels est pratiquement deux fois plus élevé pour les universitaires que pour les diplômés du secondaire II. Les fortes hausses salariales dont ont bénéficié les diplômés des hautes écoles s'expliquent par l'augmentation relativement importante de la demande de diplômés du tertiaire.[52]

Santé

L'importance économique du secteur de la santé en Suisse est capitale et en pleine croissance. L'industrie pharmaceutique et le secteur de la technologie médicale sont deux poids lourds des exportations helvétiques. Le fait que la population de notre pays soit en bonne santé représente en outre un atout économique de taille. Prévenir les maladies et les accidents, les traiter rapidement le cas échéant permet de maintenir la productivité, de réduire le nombre d'absences et les coûts sociaux à long terme. Au vu de l'évolution démographique, il est toujours plus important de maintenir les employés les plus âgés dans la vie active. *« La Suisse n'a donc pas seulement un intérêt sanitaire, mais aussi sociétal et économique à promouvoir la santé de sa population* ».[53]

6.1.7.3 Aspect socio-culturel

Depuis le début du XXe siècle, la population de la Suisse a plus que doublé, passant de 3,3 millions en 1900 à 7,9 millions en 2010. Trois facteurs ont joué un rôle déterminant dans cette évolution: la mortalité, la fécondité et la migration.[54]

Au cours des dernières décennies, l'espérance de vie de la population n'a cessé de s'allonger, et le scénario démographique «moyen» de l'Office fédéral de la statistique (OFS) prévoit qu'elle continuera à augmenter. En 1970, l'espérance de vie moyenne à la naissance était de 70 ans pour

[50] L'éducation en Suisse, rapport 2014. Page 37 sur 314 [En ligne], (Consulté le 26.03.2014)
[51] http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/15/17/blank/01.indicator.402101.4012.html [En ligne], (Consulté le 26.03.2014)
[52] L'éducation en Suisse, rapport 2014. Page 37 sur 314 [En ligne], (Consulté le12.04.2014)
[53] OFSP, Département fédéral de l'intérieur DFI, Politique de la santé : les priorités du Conseil fédéral, janvier 2013 page 16 sur 25
[54] http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/14/02/01/key/07/01.html, [En ligne], (Consulté le 12.04.2014)

les hommes et de 76 ans pour les femmes; en 2010, elle atteignait déjà 80 et 85 ans, et les spécialistes annoncent 86 et 90 ans pour 2060.[55]

En l'espace d'un siècle, le nombre moyen d'enfants par femme en âge de procréer a nettement reculé. En 1910, une femme mettait en moyenne 3,2 enfants au monde. Le taux de natalité a ensuite chuté de façon continue. Depuis 2001, il remonte légèrement et s'établissait à 1,5 en 2010. [56]

Si la population se stabilise à partir de 2050, l'allongement de l'espérance de vie en modifie la structure par âge: au cours des cinquante prochaines années, le sommet de la pyramide des âges s'élargira peu à peu, alors que la base restera la même.

PYRAMIDE DES AGES, 2010 ET 2060

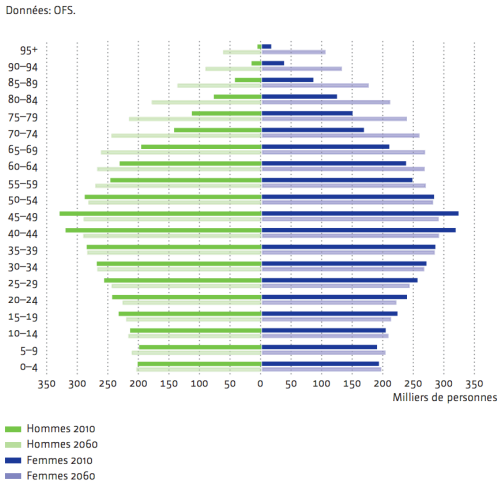


Figure 7 : Pyramide des âges, 2010 et 2060[57]

Formation

« Les mouvements migratoires contribuent largement à déterminer le nombre de personnes à scolariser et revêtent donc une grande importance pour le système éducatif, celui-ci, de son côté, joue un rôle essentiel dans l'intégration et la participation sociales des immigrés. L'aspect quantitatif n'est pas le seul élément qui compte pour le système éducatif, la composition linguistique, culturelle et socioéconomique de la population étrangère a elle aussi son importance. Dans ce domaine, on note des changements très marqués ces dernières décennies. En 2011, la Suisse comptait 1,8 million de ressortissants étrangers, soit 22,8% de sa population. Un cinquième de ces personnes étaient nées en Suisse, ce taux s'élevant à 28,4% pour les Italiens, contre 7,2% pour les Allemands, qui font partie de l'immigration récente. Près de 15% de la population résidante était issue d'un pays non européen.

[55] http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/news/publikationen.Document.101691.pdf , [En ligne], (Consulté le 12.04.2014)
[56] http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/01/01/key.html , [En ligne], (Consulté le 12.04.2014)
[57] L'éducation en Suisse, rapport 2014. Page 26 sur 314

Au cours des décennies qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale, la Suisse a surtout accueilli des personnes étrangères sous-qualifiées par rapport à la population active indigène. Dans les années 1990, environ 60% de la cohorte annuelle des immigrés en âge de travailler n'avaient pas achevé une formation professionnelle et seuls 10% étaient titulaires d'un diplôme du tertiaire. Ces dernières années, les rapports se sont sensiblement modifiés: en 2009, 60% des nouveaux immigrés possédaient un diplôme du tertiaire, un taux correspondant au double de celui enregistré au sein de la population suisse. Il convient toutefois de relativiser cet écart considérable, car on ne peut pas vraiment comparer des diplômes délivrés par des systèmes éducatifs différents. » . [58]

La structure de la population ne s'est donc pas seulement modifiée du point de vue démographique, le niveau de formation des personnes actives a lui aussi évolué. En Suisse, il n'a cessé d'augmenter au cours des dernières années: entre 1995 et 2010, la proportion de diplômés du tertiaire a progressé de 13,5 points de pourcentage. Cette tendance s'observe dans toutes les régions du pays.

Des différences régionales importantes dans l'évolution de la population et de la structure par âge ont des répercussions nettement plus significatives sur le système éducatif que ne le laissent supposer les fluctuations moyennes observées à l'échelle de la Suisse.

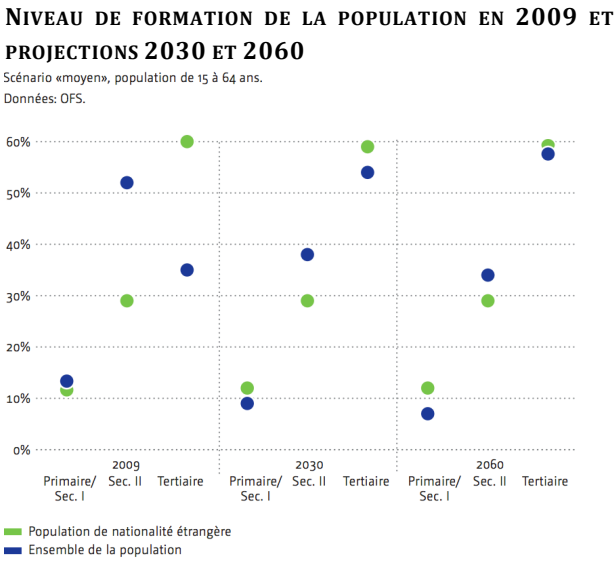


Figure 8 : Niveau de formation de la population en 2009 et projections 2030 et 2060[59]

La Suisse compte sept hautes écoles spécialisées (HES) publiques et deux privées (Kalaidos et Les Roches-Gruyère1). Chacune de ces écoles se compose de plusieurs établissements, qui sont dispersés géographiquement et possèdent en général leur propre administration. De grandes différences séparent les HES pour ce qui est de leur taille. Les deux écoles privées sont de loin les plus petites: leur part de marché cumulée n'atteint pas 2% (effectifs des étudiants en formation continue non compris). Au total, les HES ont formé 60 000 personnes aux niveaux diplôme, bachelor et Master en 2012/2013 (sans compter la formation des enseignants).

[58] L'éducation en Suisse, rapport 2014. Page 26 sur 314
[59] L'éducation en Suisse, rapport 2014. Page 29 [En ligne], (Consulté le 26.03.2014)

Les prévisions tablent sur la poursuite de l'essor des HES ces prochaines années en raison de l'évolution positive du nombre de maturités professionnelles (jusqu'en 2015) ainsi que du taux de passage dans les HES. Cet essor est en outre alimenté par l'admission de titulaires de certificats d'accès étrangers et d'«autres certificats suisses». Les prévisions sont cependant entachées d'incertitude, ce qui conduit l'Office fédéral de la statistique à assortir le scénario de référence de deux autres scénarios (haut et bas). Le taux de passage vers les HES après la maturité professionnelle est l'un des grands facteurs qui augmentent la variabilité des prévisions.

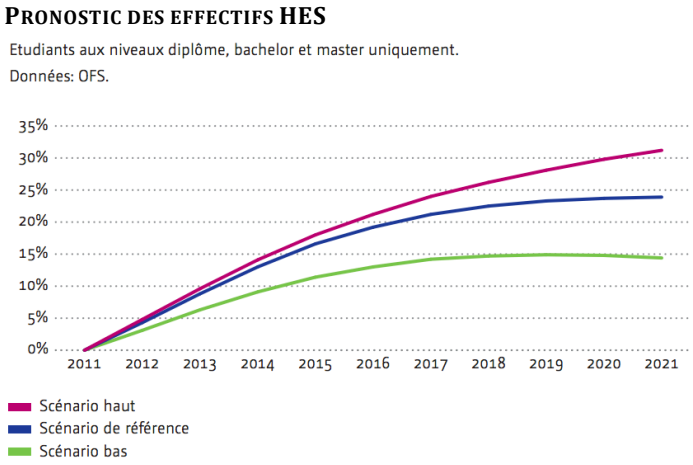


Figure 9 : Pronostic des effectifs HES[60]

Etant donné l'évolution démographique, l'accroissement du nombre d'étudiants ralentira d'année en année. Selon le scénario de référence, la croissance annuelle tombera de 4% en 2014 à pratiquement 0% en 2021, année où les HES compteront entre 65 000 et 75 000 étudiants aux niveaux diplôme, bachelor et Master.

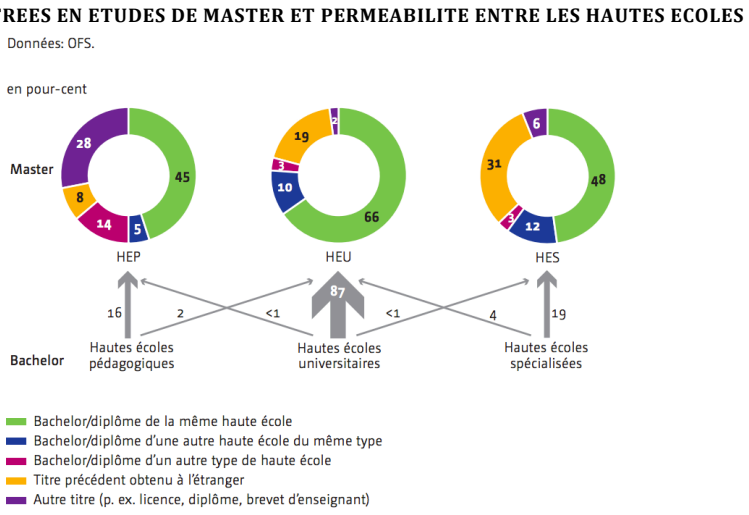


Figure 10 : Entrées en études de master et perméabilité entre les hautes écoles[61]

[60] L'éducation en Suisse, rapport 2014. Page 211 sur 314 [En ligne], (Consulté le 26.03.2014)
[61] L'éducation en Suisse, rapport 2014. Page 173 sur 314[En ligne], (Consulté le 20.04.2014)

En 2011, 12 % des étudiants master (2010: 11 %) avaient un titre bachelor ou un diplôme d'une autre haute école spécialisée (mobilité géographique), 3 % (2010: 2 %) un titre bachelor ou un diplôme d'un autre domaine d'études d'une haute école spécialisée (mobilité thématique).

Santé

Le dynamisme du domaine de la santé est impressionnant. Sur la période d'observation s'étendant de 1995 à 2005, l'augmentation du nombre d'emplois a atteint 27,9% alors qu'elle n'a été que de 4,2% pour l'ensemble de l'économie. Cela représente une augmentation annuelle moyenne de 2,5% alors que celle de l'emploi tertiaire était de 1,0% seulement, sans parler de l'emploi total qui ne progressait que de 0,4%[62]. Les chiffres de l'emploi en termes d'équivalents plein temps reflètent également cette évolution divergente, même si l'effet de la progression plus importante des emplois à temps partiel dans le domaine de la santé s'y trouve corrigé. Un besoin important de nouvelles ressources humaines a donc marqué le domaine de la santé durant la décennie passée. Les ressources financières ont dû suivre, en grande partie sous la forme d'augmentations de primes dans l'assurance-maladie, ce qui a contribué à propulser les coûts de la santé aux premiers rangs des préoccupations de la population.

En 2008, le secteur de la santé employait au total 541'000 personnes dans le domaine des prestations (industrie et commerce), de la prévention et dans l'administration publique, ce qui représentait 13,4% de la population active totale. Entre 2001 et 2008, l'augmentation a été de 90'000 personnes, soit 20%, malgré une stabilisation conjoncturelle. Les trois principaux secteurs de croissance étaient les institutions socio médicales (+ 28 000 personnes), l'industrie et le commerce (+ 23 000 personnes) et les hôpitaux (+ 22 000 personnes). [63]

6.1.7.4 Aspect technologique

La Suisse dépense environ 2,9% de son PIB en recherche et développement, l'un des plus hauts taux au monde, devant l'Allemagne, la France ou le Royaume-Uni (taux moyen dans l'Union européenne: 1,9%). En terme de productivité scientifique, la Suisse se place en tête de liste mondiale du nombre de publications scientifiques par million d'habitants. De même pour la productivité technologique: la Suisse est co-leader mondial, avec la Suède, du dépôt de brevets par million d'habitants[64].

Le Conseil suisse de la science et de la technologie est chargé de proposer des recommandations à la Confédération relatives à l'encouragement de la formation, de la recherche et de l'innovation. [65]

En 2011, le secteur de la technologie médicale comptait environ 1600 entreprises employant quelque 51 000 salariés en Suisse : 850 se consacraient à la sous-traitance et à la fabrication, 750 au commerce, à la distribution et à des services complémentaires. Aucun autre pays au

[62] http://www.swissinfo.ch/fre/en-lutte-contre-le-manque-de-personnel-de-la-sant%C3%A9/7623226 [En ligne], (Consulté le 20.04.2014)
[63] OFS, L'emploi dans le domaine de la santé, Faits et tendances à la lumière des chiffres des recensements des entreprises de 1995 à 2005, page 6 et 12 sur 31
[64] http://www.vaud.ch/fr/atouts/technologies/ [En ligne], (Consulté le 21.04.2014)
[65] http://www.are.admin.ch/themen/nachhaltig/00260/index.html?lang=fr [En ligne], (Consulté le 20.04.2014)

monde n'emploie autant de personnes proportionnellement à la population active dans ce secteur qui connaît une croissance annuelle de 10 % depuis quelques années.[66]

En 2011, les entreprises industrielles du secteur des technologies médicales ont réalisé un chiffre d'affaires d'environ 12,5 milliards de francs, dont 7,2 milliards de francs sur le marché domestique. Les exportations nettes des fabricants se sont élevées à quelque 5,3 milliards de francs. Les fabricants ont investi 13 % du chiffre d'affaires dans la recherche et le développement ; ce taux étant de 8 % pour les sous-traitants. Le total des investissements s'est monté à 1,4 milliard de francs par an. Les économistes de Crédit Suisse ont estimé à 3,8 milliards de francs en 2011 la création de valeur brute de l'industrie, qui se compose principalement de petites et moyennes entreprises (PME) si l'on excepte deux douzaines de grandes entreprises, partiellement sous domination étrangère.

Synthèse : Grille d'analyse de l'influence du macro-environnement

Aspects	Paramètres	Influence sur la stratégie ➔	Faible (1) à fort (5)
politico-légal	1) Nature et enjeux politiques du développement du domaine de la santé en Suisse	- Validation de la formation	**4**
		- Financement de la formation au niveau de la confédération + du canton	**4**
	2) Législations	- Lois et exigences relatives à la création d'un Master	**5**
économique	1) Bon produit intérieur brut et faible dette publique	- Bonne allocation des ressources aux structures de formation	**2**
	2) Taux de croissance des salaires réels par rapport au niveau de formation	- Motivation à faire de longues études	**4**
	3) Importance économique du secteur de la santé en Suisse	- Forte opportunité d'emploi	**5**
socio-culturel	1) Prolongation de l'espérance de vie	- Augmentation de la demande santé	**4**
	2) Evolution démographique	- Diminution du nombre d'étudiants d'année en année.	**3**
technologique	1) Forte dépense en recherche et développement	- Opportunité d'emploi en ingénierie biomédicale	**5**
	2) Avancé technologique	- Diversité de la demande en compétence	**4**

Tableau 2 : Grille d'analyse de l'influence du macro-environnement

[66] http://www.swtr.ch/images/stories/pdf/fr/empfehlungen_bfi_botschaft_f.pdf, [En ligne], (Consulté le 27.04.2014)

6.1.8 Analyse MOFF

Cette analyse fait état des forces et des faiblesses actuelles de la HEIG, de l'HESAV et de la plateforme ingénierie-santé. Les opportunités et menaces concernent quant à elles principalement la mise en place d'une formation en ingénierie biomédicale.

HEIG-VD HESAV Plateforme ingénierie-santé Formation ingénierie biomédicale

	TABLEAU D'ANALYSE MOFF	
	Forces	**Faiblesses**
Interne	■ Est forte d'une longue expérience et d'une certaine renommée dans la formation d'ingénieurs. ■ Plusieurs projets internes vont dans le sens du développement de l'ingénierie biomédical. ■ Plusieurs professeurs montrent un fort intérêt pour l'ingénierie biomédicale. Certains ont même la double formation. ■ Dispose des connaissances et des infrastructures nécessaires à la formation de plusieurs métiers de la santé. ■ Collabore étroitement avec le CHUV et la Faculté de biologie et de médecine. ■ Bénéficie de l'apport de professeur-e-s, médecins et chercheur-e-s réputés. ■ Dispose d'un accès privilégié au Centre Coordonné de Compétences Cliniques (C4). ■ Donne une meilleure visibilité de la HEIG et de l'HESAV. ■ Permet d'identifier et d'aider des porteurs de projet en ingénierie biomédicale. ■ Permet la mise en réseau de compétences santé et ingénierie.	■ Dépendance politique : accréditation nécessaire. ■ Pauvre en dispositif nécessaire à la formation d'ingénieurs biomédicaux. ■ Peu de budget destiné à la recherche comparé à une haute école universitaire. ■ Dépendance politique : accréditation nécessaire. ■ Peu de budget destiné à la recherche comparé à une haute école universitaire. ■ Son rôle est limité au conseil et à l'orientation. ■ Ne finance pas les projets.
	Opportunités	**Menaces**
Externe	■ Agrandissement de la HEIG-VD à Cheseaux. ■ Nouveau Campus Santé à l'horizon 2020. ■ Une bonne situation économique Suisse favorisant l'investissement dans la formation. ■ Augmentation du besoin en compétence médicale. prévue due au vieillissement de la population. ■ Fort investissement de la Suisse dans la recherche et le développement. ■ Cohérence de cette formation avec certains projets étatiques. ■ Jugée nécessaire par les experts interviewés.	■ La répartition des compétences entre plusieurs établissements constitue un défi pour la gestion de la future filière. ■ Les trajets nécessaires entre Lausanne et Yverdon-les-Bains pourraient démotiver certains étudiants. ■ Actuellement, peu d'ingénieurs poursuivent leurs formations dans des masters. ■ Fortes exigences des organismes d'accréditations dans la mise en place de nouvelles filières master.

Tableau 3: Tableau d'analyse MOFF

MATRICE DE CONFRONTATION DES FACTEURS INTERNES / EXTERNES

Externe / Interne	Opportunités	Menaces
Forces	Stratégie d'attaque	Stratégie d'ajustement
Faiblesses	Stratégie de défense	Stratégie de survie

Tableau 4: Matrice de confrontation des facteurs internes/externes

La plateforme ingénierie-santé devrait suivre une stratégie d'attaque qui correspondrait au lancement de l'étude approfondie d'une mise en place de filière d'étude en ingénierie biomédicale.

6.2 Méthode d'enseignement en France, en Allemagne et en Suisse

6.2.1 L'ingénierie biomédicale en Allemagne

6.2.1.1 Système éducatif supérieur Allemand

Le système éducatif ainsi que les voies d'accès à l'enseignement supérieur en Allemagne sont pratiquement similaires à la Suisse (voir →point 5.2). L'Allemagne a, elle aussi, adhéré à la réforme de Bologne (voir →point 5.2.1). Trois différences notables sont toutefois intéressantes pour cette étude :

1) Prévoyant une pénurie d'ingénieurs spécialisés, l'Allemagne a introduit dernièrement de nouvelles branches techniques à l'école obligatoire afin de favoriser l'intérêt des étudiants à ce secteur d'activité.

2) L'accès aux différentes universités et hautes écoles dépend essentiellement des notes obtenues. En effet, une évaluation « faible » au baccalauréat (appelé Abitur en Allemagne) peut barrer l'accès à certaines institutions. Parallèlement, les notes obtenues lors du bachelor sont décisives pour l'accès aux Masters.

3) Les étudiants allemands peuvent étudier où ils veulent dans le pays ce qui implique qu'il est très courant de quitter la maison familiale pour poursuivre ces études (env. 75% des étudiants[67]). Beaucoup d'étudiants sont donc contraints de travailler en parallèle à leurs études ce qui pousse de plus en plus de formations supérieures à offrir des horaires adaptés à cette situation (cours du soir, concentré sur une partie de la semaine, uniquement le matin, etc.).

En 2012, l'Allemagne comptait 421 établissements d'enseignement supérieur proposant plus de 15 000 cursus (dont 6826 cursus bachelor, 6207 cursus Master et 1967 formations continues) a plus de deux millions d'étudiants (dont plus de 300'000 étudiants étrangers).

6.2.1.2 Université de Furtwangen (HFU)

L'université des sciences appliquées de Furtwangen (HFU : Hochschule Furtwangen University) est une université allemande basée à Furtwangen en Forêt-Noire dans le Bade-Wurtemberg. Forte d'une expérience de plus de 100 ans dans la formation d'ingénieurs, cette université de renommée internationale compte aujourd'hui environ 6'000 étudiants. Reconnue par les entreprises en Allemagne et internationalement pour le haut niveau de ses formations.

[67] CIDAL. Le système éducatif en Allemagne de la petite enfance à l'enseignement supérieur page 6 sur 11

L'université de Furtwangen a été élue meilleure université d'Allemagne par les étudiants étrangers au Student Barometer 2012[68].

Cette université propose un large spectre d'enseignements fondamentaux dispensés en allemand et en anglais.

Le Bade-Wurtemberg étant un Land extrêmement riche en entreprises liées au domaine biomédical, l'université de Furtwangen a décidée de proposer à ces étudiants une formation bachelor en ingénierie médicale (MEDICAL ENGINEERING - Bachelor of Science) ainsi qu'une formation Master en ingénierie biomédicale (BIOMEDICAL ENGINEERING - MASTER).

6.2.1.3 L'ingénierie biomédicale à l'HFU

La formation en ingénierie biomédicale à l'université de Furtwangen dure trois à quatre semestres (selon les qualifications de l'élève) et débouche sur l'obtention d'un Master of science. Les conditions d'admissions sont :

- Détenir un bachelor
- Avoir des connaissances de base en allemand (niveau minimum A1)
- Avoir un bon niveau d'anglais (minimum : Toefl internet-based 68, computer-based 190 ou paper-based 520/ IELTS 5 points/équivalent)

Le premier semestre traite notamment de la métrologie, de la modélisation et de la simulation, de la théorie des systèmes, d'une introduction à la biomédecine ainsi qu'une introduction à l'ingénierie médicale.

Le deuxième semestre est destiné à l'apprentissage de la gestion des données, de la biologie des systèmes, du traitement des signaux ainsi que de la modélisation médicale. Un stage de recherche en entreprise est également demandé.

Le troisième semestre est consacré à la thèse de master.

Un semestre préliminaire est nécessaire pour les candidats titulaires d'un diplôme bachelor d'un autre domaine.

6.2.1.4 Résultats du questionnaire adressé à l'HFU

Les questions formulées à Monsieur Dietz, responsable du cursus de formation Master, ainsi qu'un résumé de ses réponses traduites en français se trouvent en annexe N°5.

En 1995, un professeur de l'université, s'inspirant des formations existantes en Allemagne, crée un master exclusivement consacré à l'ingénierie médicale pour soutenir ses projets de recherche.

En 2014, le Master « biomedical engineering » a accueilli 24 nouveaux étudiants, ce qui représente la capacité d'accueil maximale vu les infrastructures. Depuis sa création, le nombre d'inscriptions (principalement étrangères) n'a cessé d'augmenter ce qui a permis à l'université d'avoir des critères d'acceptation élevée. En effet, seuls les élèves ayant obtenu une moyenne de 2.4 à leurs bachelors (système inversé par rapport au système suisse où 1 est la meilleure note) peuvent s'y inscrire. Initialement destiné aux élèves ayant suivis la formation bachelor en

[68] http://www.icd-ecoles.com/pfa-furtwangen/ [En ligne], (Consulté le 13.02.2014)

ingénierie médicale, le Master est également ouvert aux ingénieurs TIC et TIN, ainsi qu'aux élèves de médecine et de biologie pour qui un semestre de mise à niveau est obligatoire. Très exigeant, ce semestre supplémentaire formant médecins et biologistes aux sciences de l'ingénierie est couramment abandonné ou répété par les élèves. Cependant, il est important pour l'école de conserver cette voie d'accès, car les médecins et biologistes qui réussissent cette « passerelle » apportent par la suite énormément de connaissance et d'interactivité aux cours ainsi que de la crédibilité à la formation.

Aujourd'hui, deux professeurs se chargent de l'enseignement de ce Master avec le soutien de plusieurs intervenants externes. Les deux professeurs ont un salaire d'environ 5000 euros par mois. Quant aux intervenants externes, ils sont très peu rémunérés et donc difficiles à trouver, même dans une région extrêmement développée en entreprises biomédicales comme le Bade-Wurtenberg. Ils acceptent en général de donner de leurs temps afin de pouvoir soumettre des mandats aux étudiants, pour l'accès aux laboratoires de l'école ou tout simplement pour l'intérêt qu'ils ont à transmettre leurs savoirs et partager leurs expériences.

L'université de Furtwangen dispose de plusieurs salles équipées de machines et d'outils nécessaires à la formation d'ingénieurs biomédicaux, ainsi que d'une salle d'opération fictive fortement équipée. Monsieur Dietz estime que plus de la moitié du matériel leur a été donnée soit par des hôpitaux qui n'en avaient plus usage soit par des entreprises privées fortement intéressées à ce que des ingénieurs soient directement formés sur leurs machines afin de pouvoir en engager par la suite.

Bien que la plupart des dispositifs médicaux nécessaires à la formation soit onéreux, ce Master n'est pas plus cher que les autres Masters techniques. D'ailleurs, chaque Master technique à l'université de Furtwangen dispose du même budget (environ 400'000 euros par volée). L'HFU économise un maximum d'argent sur les Masters économiques qui demandent très peu de ressource afin de disposer de plus de fond pour les Masters techniques.

Les deux premiers semestres ainsi que le semestre préliminaire sont en anglais et le dernier en allemand. Cela permet aux étrangers de participer à ce Master et d'apprendre l'allemand suffisamment bien pour suivre les cours du troisième semestre.

Le nombre d'inscriptions d'étudiants allemand est insuffisant et cette formation doit être complétée à 50% par des étudiants étrangers. Cela pose deux problèmes, le premier est qu'il est très difficile de juger des capacités réelles des étudiants étrangers sur la seule base d'un bulletin de notes. Le deuxième est que la majorité des étudiants étrangers retourne travailler chez eux après cette formation et n'apporte pas de « retour sur investissement » à l'état du Bade-Wurtemberg.

A l'exception des frais d'inscription, cette formation spécialisée est 100% gratuite pour les étudiants allemands et pour les étudiants étrangers. C'est l'état du Bade-Wurtemberg qui paie pour l'ensemble de la formation.

M. Dietz estime que les étudiants ayant obtenues leurs Masters en ingénierie biomédicale trouvent très facilement du travail et peuvent directement prétendre à un salaire net de 1800 à

2500 euros. Un tel salaire n'est pas beaucoup plus élevé que celui d'un ingénieur « standard » mais les opportunités de faire carrière sont plus fortes.

L'attractivité des salaires suisse pose aussi problème à l'état du Bade-Wurtemberg. M. Dietz estime qu'un peu moins de la moitié des étudiants allemands partent travailler en Suisse.

6.2.2 L'ingénierie biomédicale en France

6.2.2.1 Système éducatif supérieur Français

Le système éducatif ainsi que les voies d'accès à l'enseignement supérieur en France sont pratiquement similaires à la Suisse (voir →point 5.2). La France a, elle aussi, adhéré à la réforme de Bologne (voir →point 5.2.1). Malgré les efforts d'harmonisation recherchés par ces accords, deux différences notables sont toutefois intéressantes pour cette étude :

1) Certaines formations ne sont accessibles qu'après une ou deux années de licence (bachelor). En Suisse, un étudiant choisit sa voie pour 3 ans de bachelor alors qu'en France, un étudiant est souvent amené à faire une ou deux années de licence dans un domaine avant de pouvoir intégrer la faculté qui l'intéresse vraiment.

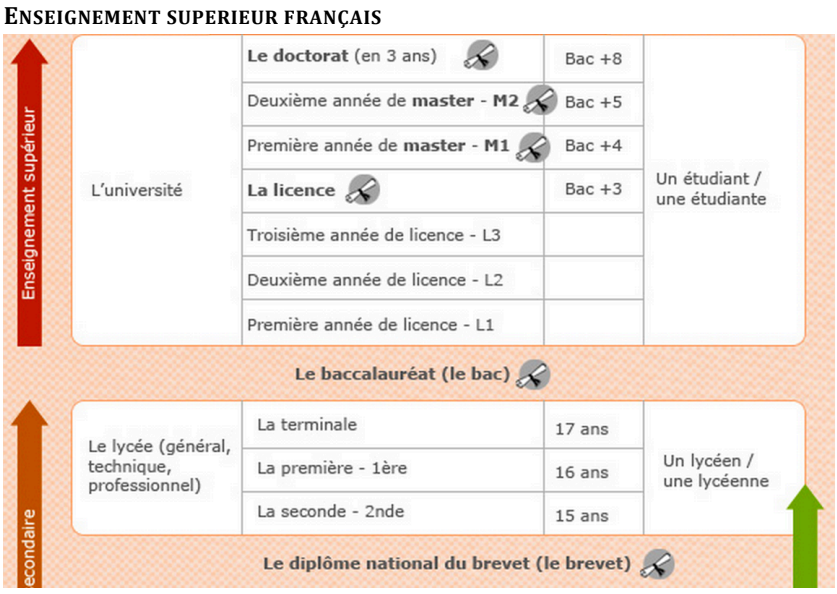


Figure 11 : Enseignement supérieur Français[69]

2) En France, tous les élèves sont amenés à passer un Baccalauréat leur donnant accès aux universités. En Suisse, seules les titulaires d'une maturité (VSB) peuvent entrer à l'université.

6.2.2.2 Institut Supérieur d'Ingénieurs de Franche-Comté (ISIFC)

L'Institut Supérieur d'Ingénieurs de Franche-Comté est une filière de l'Université de Franche-Comté. Créé en 2001, elle forme une cinquantaine d'ingénieurs par an en ingénierie biomédicale.

L'école accepte des étudiants à Bac+2 minimum **de tous horizons** (concours national des classes préparatoires, Polytech → biologie, physique, électronique, mécanique) ou sur dossier,

[69] http://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_%C3%A9ducatif_fran%C3%A7ais [En ligne], (Consulté le 18.02.2014)

afin d'obtenir une diversité de profils à l'image de la diversité du secteur de l'ingénierie biomédical. Les promotions sont équilibrées avec 50% d'étudiants provenant de filière de sciences de la vie et 50% ayant suivi un cursus de sciences de l'ingénierie. 30 % des recrutés depuis 2001 ont fait au moins une année de médecine, kiné ou pharmacie. Le cycle de la formation est multidisciplinaire. Il est organisé sur trois ans avec un approfondissement possible en option ; "Biomécanique et microsystèmes", "Ingénierie cellulaire et tissulaire" ou "e-Santé". La formation se compose de quatre pôles de compétences: Sciences de l'ingénieur (37%) Sciences de la vie et de la santé (16%) Culture générale et d'entreprise (19%) Expérience professionnelle (28% →cinq stages au sein de centres hospitaliers, laboratoires de recherche, des entreprises liées aux secteurs biomédical et pharmaceutique et d'un stage saisonnier).

La formation à l'ISIFC peut se faire de deux manières :

1) Soit l'étudiant est titulaire d'un Bac + 2 et la formation dure 3 ans (1 année de Bachelor + 2 ans de master)

2) Soit la formation est réduite à 2 ans de master pour :

- Les étudiants ou stagiaires Formation Continue titulaires d'une maîtrise scientifique en rapport avec la formation (Master 1ère année)
- Les ingénieurs et les médecins titulaires d'un bachelor
- Les titulaires d'un Bac + 2 justifiant de 3 ans d'exercice dans des activités professionnelles
- Les personnes justifiant d'une expérience significative (sur dossier)

De plus, l'ISIFC offre des formations continues pour les salariés, les travailleurs non salarié ou les demandeurs d'emploi. Le coût de ces formations continues s'élève chaque année à 9500 € + 601 € de droits d'inscription universitaire. En cas d'échec dans les recherches de financement du coût pédagogique, et sur présentation des justificatifs, la participation individuelle aux frais de formation présentielle peut toutefois être ramenée à 600 € / an (+ 601 € de droits d'inscription).

La liste complète des matières enseignées en ingénierie biomédicale à l'ISIFC se trouve en annexe N° 7.

6.2.3 L'ingénierie biomédicale en Suisse

6.2.3.1 Haute école spécialisée Bernoise (BFH)

Depuis 2006, La Haute école spécialisée bernoise propose en coopération avec la faculté de médecine de l'université de Berne un master universitaire en ingénierie biomédicale. Ce fut la première fois en Suisse que des diplômé-e-s de la haute école spécialisée des orientations liées aux techniques et sciences naturelles (microtechnique, électrotechnique, génie mécanique, physique, informatique et autres) ont été admis-e-s aux études universitaires sans conditions[70].

[70] http://www.bfh.ch/fileadmin/docs/publikationen/taetigkeitsbericht/BFH_Taetigkeitsbericht_2009.pdf [En ligne], (Consulté le 16.05.2014)

Cette formation master a commencé avec moins de 30 étudiants en 2006 et est montée jusqu'à 73 étudiants en 2010.

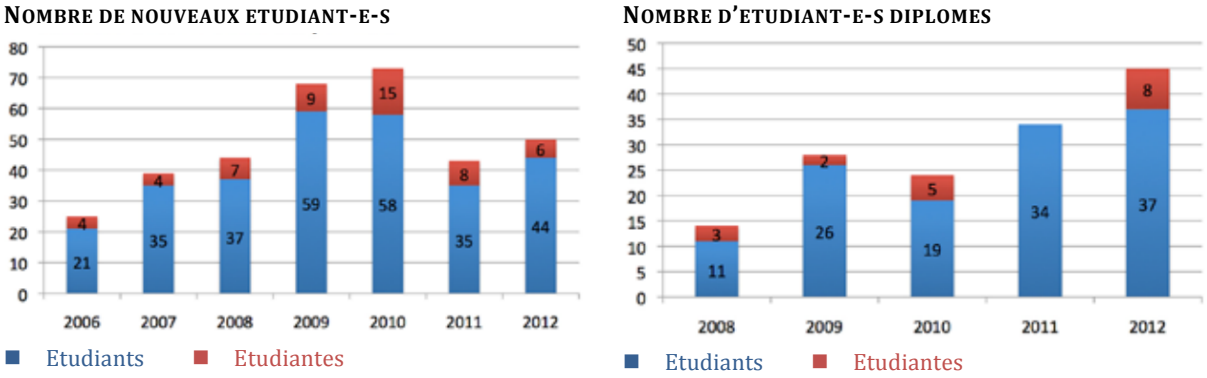


Figure 12 et 13 : Nombre de nouveaux étudiant-e-s et Nombre d'étudiant-e-s diplômés[71]

Les étudiants proviennent de plus de 20 pays différents. Le faible taux d'étudiants diplômés par année par rapport aux nombres d'étudiants inscris deux ans avant témoigne de la haute exigence de cette filière d'étude.

6.2.3.1 Cursus

Cette filière réunit des étudiant-e-s de branches et de cultures différentes. Le diplôme de fin d'études master est en principe suivi d'un travail de doctorat. Les cours de ce programme ne sont dispensés que trois jours par semaine pour permettre d'avoir en parallèle une activité à temps partiel, ce qui favorise les personnes actives à prendre part à cette formation.

Les conditions d'admission sont : Détenir (au moins) un bachelor d'une université ordinaire ou d'une haute école dans les domaines:

- de la microtechnique
- du génie mécanique
- du Génie électrique
- de la science et de l'ingénierie computationnelles
- de la physique
- de l'informatique

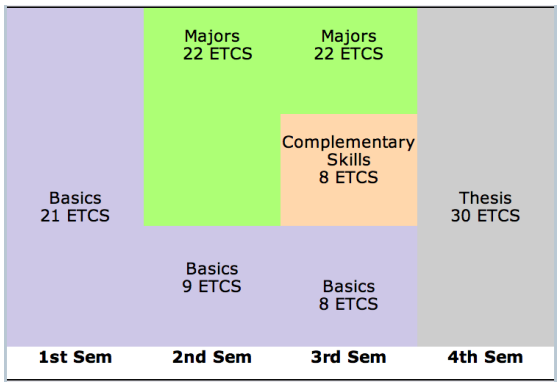
Les diplômés d'autres domaines académiques peuvent également s'inscrire. En fonction de leurs « backgrounds », ils peuvent être admis à condition qu'ils assument seuls leurs manques de connaissances techniques ou générales.

Cette formation dure quatre semestres. Elle est principalement donnée en anglais mais une partie des cours sont en allemand (dans le futur, uniquement en anglais). Son organisation est prise en charge par six personnes, deux responsables de programmes, deux secrétaires, une apprentie et un responsable de l'organisation des thèses de master. En tout, le programme s'appuie sur l'expertise de plus de 60 conférenciers internes ou externes, offrant près de 50 cours.

[71] Rapport annuel 2012. Université de Berne. Programme de master en génie biomédical, page 24 sur 68

6.2.3.2 Recensement des matières enseignées

STRUCTURE DU CURSUS DE FOMATION A BERNE



Basics

Les étudiants sont tenus de suivre les trois modules de base. Au sein de chaque module tous les cours sont obligatoires. Les cours des trois modules de base s'élèvent à 38 ECTS :

- Notions de base en mathématiques appliquées
- Notions de base en génie biomédical
- Notions de base en médecine humaine

Majors

Les étudiants sont tenus de choisir un module Major. Les modules sont composés d'un large éventail de cours optionnels. La sélection doit être égale à 44 ECTS. Thèmes des Majors :

- Implants électroniques
- Thérapie guidée par l'image
- Systèmes biomécaniques

Figure 14 : Structure du cursus de formation à Berne

La liste complète des matières enseignées en ingénierie biomédicale à Berne ce trouve en annexe N° 8.

6.3 Evaluation du profil de la future filière d'étude

Cette formation en ingénieur biomédical devra être multidisciplinaire et faire appel aux sciences de la santé, aux sciences du génie, aux sciences fondamentales et aux mathématiques. Au terme de sa formation, l'ingénieur biomédical devra être capable d'analyser un problème à la fois du point de vue de l'ingénieur et à la fois du point de vue du spécialiste du domaine médical. Il devra être conscient des difficultés particulières associées aux êtres vivants et donc être capable d'évaluer un ensemble plus étendu de solutions que dans les domaines traditionnels de l'ingénierie.

L'ingénieur biomédical devra posséder un bon sens managérial afin d'entretenir une relation professionnelle avec ses équipes, l'administration, les différents prestataires et techniciens ou les laboratoires. Pour ce faire, il devra avoir le sens de la négociation et une capacité à conseiller les gens. De plus, il devra avoir un sens analytique poussé, de bonnes connaissances techniques et avoir un intérêt considérable pour la branche afin de rester à jour par rapport aux évolutions techniques constantes du secteur médical. Il devra aussi être capable d'assurer la conception, l'optimisation et le fonctionnement d'équipements médicaux (p.ex. du matériel de perfusion à l'IRM), en définissant la stratégie d'achat ou de production par rapport à un budget et aux normes en cours[72]. La conception de nouveaux dispositifs médicaux étant généralement inspirée « *des innovations de secteurs tels que la génétique, la biochimie, la micromécanique, la physique des matériaux, le traitement de signal, l'imagerie ou les technologies de l'information* »[73], il sera également important que l'ingénieur biomédical ait une certaine compréhension de ces différents éléments sans toutefois en être expert. L'ingénieur biomédical devra avoir des

[72] http://www.polymtl.ca/etudes/bc/information/biomedical.php [En ligne], (Consulté le 01.06.2014)
[73] http://www.ulb.ac.be/facs/polytech/masters-MasterBiomed.html [En ligne], (Consulté le 01.06.2014)

connaissances sur les aspects techniques et réglementaires des dispositifs médicaux ainsi que sur le management et la gestion de l'accréditation et de ses conséquences.

En plus de la technique et de la théorie, l'ingénieur biomédical devra connaître les procédés et les mœurs d'un établissement de santé, ce qui ne pourra souvent être acquis qu'aux travers de stages pratiques. [74]

Cette description témoigne de l'étendue du domaine de l'ingénierie biomédicale et montre que cette activité est trop vaste pour un enseignement uniforme, d'autant que lorsque l'étudiant aura choisi sa voie, certaines compétences décrites plus haut ne lui seront pas utiles. Il sera donc nécessaire que cette formation offre aux étudiants, d'une part, un aspect généralisé de cette branche d'activité, mais surtout que différentes options leur soient proposées afin qu'ils puissent se spécialiser dans un domaine de compétence.

6.4.1 Détermination du type de formation

Cette partie de l'étude a pour objectif de donner un aspect général à la future formation d'ingénierie biomédicale à la HEIG-VD. Les choix concernant les cours ainsi que le cursus de formation ne pourront être fait que lorsque tous les éléments seront connus (partenariats, nombre de professeurs nécessaires, nombre d'intervenants externes nécessaires, nombre d'inscriptions,…).

Les différents éléments de cette étude (analyse des méthodes d'enseignements étrangères, professionnels interrogés, environnement, etc.) suggèrent que cette formation soit donnée à un niveau Master of Science plutôt qu'en formation continue, d'une part car c'est la méthode usuelle en Europe[75] et d'autre part car la complexité de la branche justifie pleinement un minimum de 90 crédits ECTS (entre 2250 et 2700 heures de travail).

6.4.1.1 Cours

La liste des cours ainsi que leurs crédits présentée en page suivante reprend les cours analogues à deux des formations analysées. Il est fortement recommandé que les plus importants d'entre eux en terme de crédit ECTS fassent, aux minimum, partie de la future formation.

[74] INSTITUT MEDITERRANEEN QUALITE, Guide des bonnes pratiques de l'ingénierie biomédicale en établissement de santé, Lexitis édition 2011, 93 pages.

[75] En France, en Allemagne et en Italie, seule une formation master of science donne accès au titre d' « ingénieur biomédical ». Les formations continues donnent accès à des titres tels que *« Assistant en Ingénierie Biomédicale Hospitalière », « Ingénieur diplômé en Instrumentation Médicale », « Ingénieur diplômé en recherche médicale », etc.*

Cours proposées	Crédits proposés
Thèse de Master	30 ECTS
Système mécanique	6 ECTS
Instrumentation biomédicale	5 ECTS
Biomatériaux	5 ECTS
Méthodes numériques	5 ECTS
Affaires réglementaires et brevets	4 ECTS
Principes biologiques de la médecine humaine	4 ECTS
Anatomie	4 ECTS
Imagerie, traitement et analyse biomédical du signal	4 ECTS
Terminologie médicale	4 ECTS
Physiologie	4 ECTS
Capteurs biomédicaux	3 ECTS
Microélectronique	3 ECTS
Biochimie	2 ECTS

Cours proposées	Crédits proposés
Mécaniques des fluides	2 ECTS
Le système hospitalier	2 ECTS
Anesthésiologie	2 ECTS
Biologie cellulaire	2 ECTS
Pathologie	2 ECTS
Pharmacologie	2 ECTS
Chirurgie générale	2 ECTS
Orthopédie	2 ECTS
Traumatologie	2 ECTS
ORL	2 ECTS
Ophtalmologie	2 ECTS
Dentisterie (Odontologie)	2 ECTS
Cardiologie	2 ECTS
Pathologie	2 ECTS

Tableau 5 : Proposition de contenu pour la future formation

6.4.1.2 Organisation de la formation

La durée du cursus de formation dépendra du nombre de cours enseignés, de leurs crédits ECTS, des conditions d'admissions et de la forme d'enseignement (plein temps, en emploi, cours du soir). Les points 6.2.1, 6.2.2 et 6.2.3 montrent que les trois formations analysées ont des cursus différents, bien que toutes proposent des masters of science. Ceci témoigne qu'une certaine liberté est possible dans la création d'une filière master.

Voici la synthèse des formations analysées:

	Conditions d'admission	Nombres de semestres	Types de formation	Caractéristiques
HFU	• Bachelor en TIC, TIN ou biologie médicale • Bon niveau d'anglais • Niveau moyen en allemand	3 semestres, 90 crédits ECTS	Formation plein temps, mais cours surtout le matin donc possibilité de travailler l'après-midi	Stage ou qualifications professionnelles non obligatoires
	• Bachelor en médecine, biologie ou autres sur dossiers • Bon niveau d'anglais • Niveau moyen en allemand	1 semestre préliminaire (ingénierie) +3 semestres, 90 crédits ECTS	Formation plein temps, mais cours surtout le matin donc possibilité de travailler l'après-midi	Stage ou qualifications professionnelles non obligatoires
ISIFC	Sur dossier Bac+2 minimum	(2 semestres bachelor) + 4 semestres Master, 120 crédits ECTS	Plein temps	Expérience professionnelle (28% de la formation)
BFH	Bachelor Universitaire ou HES dans le domaine de l'ingénierie ou autres sur dossiers	4 semestres, 120 crédits ECTS	Temps partiel (avec possibilité de travailler à 40-50%)	Stage ou qualifications professionnelles non obligatoires

Tableau 6 : Synthèse des formations analysées

Plusieurs options sont donc envisageables en cas de développement d'une nouvelle filière master. Certains experts interrogés pensent qu'il est important d'inclure des stages obligatoires à la formation. D'autres pensent qu'il est plus important que l'étudiant puisse travailler à temps partiel en parallèle à leurs études. Un expert pense nécessaire que cette formation soit accessible aux étudiants bachelor non ingénieur grâce à un semestre préliminaire alors qu'un autre estime qu'il est impossible de rattraper les notions de 3 ans d'ingénierie en un semestre. Pour certains d'eux, l'accès à ces études supérieures doit être clairement défini. Ils estiment notamment qu'il faudrait que les candidats aient un minimum d'expérience professionnelle avant ou pendant le début de la formation et qu'ils soient sélectionnés sur des critères de performances (Note du bachelor) et/ou de motivation. Tous sont d'accord qu'une thèse de master doit être effectuée en fin de formation et qu'elle doit être faite, soit dans la recherche (innovation), soit pour un ou plusieurs partenaires industrielles. Certains experts estiment que pour être attractive et gagner en crédibilité, cette formation HES devrait, comme à Berne ou à Furtwangen, être effectuée en partenariat avec une université.

Le choix de ces différentes alternatives dépendra fortement de l'intérêt que suscite le lancement d'une telle formation auprès des parties prenantes (professeurs, organisme d'accréditation, étudiants, HESAV, université de Lausanne, CHUV, etc..). Dans tous les cas, les décisions prises ne seront pas irrévocables et pourront être réadaptées aux besoins.

Plusieurs éléments de cette étude permettent d'ores et déjà de guider certaines décisions.

Premièrement, trois semestres semblent être le strict minimum pour prétendre à former des ingénieurs biomédicaux. Selon le nombre de cours dispensés, 4 semestres seront peut-être nécessaires.

Deuxièmement, il est important de tenir compte du faible succès des cursus master jusqu'alors observé auprès des ingénieurs en « Technique et TI » (5,3% des étudiants en 2009[76]). Pour pouvoir assurer un nombre d'élèves suffisant, il est recommandé :

1) de permettre l'accès à cette formation sur dossier. Ainsi, d'autres titulaires de bachelor HES ou universitaire (tels que les professionnels de la santé, les médecins, les biologistes, les chimistes,…) pourraient venir combler le manque possible d'ingénieur à cette formation. Deux possibilités sont alors envisageables ; à l'image des méthodes Bernoise, les diplômés d'autres domaines académiques seraient acceptés en fonction de leur « background » et devraient assumer leur manque de connaissances techniques ou générales ; ou à l'image des méthodes de l'UFH, un semestre préliminaire serait organisé pour les diplômés d'autres domaines académiques.

2) de proposer cette formation à temps partiel. Aménager le plan d'études afin d'avoir des cours en début ou en fin de semaine donnerait la possibilité aux candidats de travailler à temps partiel (de 30 à 50%) ce qui attirerait les étudiants en quête d'indépendance.

3) de communiquer suffisamment tôt son existence et de faire briller les débouchés potentiels. Cette filière d'étude n'est pas un choix anodin pour les étudiants, surtout pour les ingénieurs qui se dirigent vers un domaine de compétence complétement nouveau. Il faut

[76] SEFRI, Rapport sur les filières d'études master, page 12 sur 38

donc faire la publicité de cette formation bien avant son lancement (flyers, posters, communications sur le net et journée d'information).

4) de permettre aux ingénieurs ayant effectué leur formation de base selon l'ancien système d'accéder à cette filière d'étude.

Troisièmement, un partenariat entre l'HESAV et la HEIG-VD semble idéal pour cette formation. Cela favoriserait l'obtention de l'accréditation de cette nouvelle filière d'étude et permettrait aux ingénieurs d'avoir accès aux connaissances et aux infrastructures de ces deux institutions. Toutefois, pour des raisons de budget de recherche plus élevé et par soucis d'équivalence avec le diplôme d'ingénierie biomédicale bernois (master universitaire), l'idéal serait de pouvoir organiser cette formation de façon tripartite entre la HEIG-VD, la HESAV et la faculté de médecine de l'université de Lausanne.

Quatrièmement, en vue du niveau d'anglais des ingénieurs HES jugé faible à très faible par un expert, il est recommandé que tous les cours ne nécessitant pas obligatoirement l'anglais soient donnés en français.

Finalement, lors de la demande d'accréditation de ce master, une demande spéciale devra certainement être faite auprès du DEFR afin que cette formation puisse accueillir moins de 25 étudiants les deux premières années (voir point 6.1.7.1 ; exigences relatives à la gestion de filières d'études master). En effet, la demande exacte de ce type de qualification n'étant pas connue, il est important de limiter le nombre d'étudiants arrivant sur le marché afin que chacun d'eux puisse trouver du travail.

En cas de refus de la mise en place d'un master of sciences par les autorités compétentes, des formations continues pourraient tout à fait être imaginées. La finalité ne serait toutefois pas la même car le titre d'ingénieur biomédical serait difficile à justifier.

6.3 Evaluation du besoin en personnel spécialisé hautement qualifié

Due à la diversité des spécialisations dans le domaine de l'ingénierie biomédicale, il est extrêmement difficile, voire impossible, de déterminer quel est le besoin réel suisse de ce type de compétence. Diverses études ont certes tenté d'estimer le nombre d'emplois que cette branche génère dans certains types d'industries, mais aucune étude à grande échelle regroupant l'ensemble des employeurs n'a été menée jusqu'à présent. Il est clair qu'avec plus de 48 000 employés *(médecins, scientifiques, ingénieurs, informaticiens)* et 3700 entreprises en Suisse[77] en 2008, le secteur de la technologie médicale *(fabricants MedTech, techniciens orthopédistes, laboratoires de prothèses dentaires, commerce de gros et distribution, audioprothésistes, commerce de détail, fournisseurs, prestataires de services)* est le plus demandeur de ce type de compétences. Le deuxième employeur d'ingénieurs biomédicaux est probablement le secteur hospitalier *(144 065 employés en 2012, dont 4 376 dans le service technique et 12364 dans le service médico-technique[78]),* suivi dans le désordre par les entreprises pharmaceutiques, les cliniques et établissement de soins, les entreprises de réglementation, les assurances, etc. Toutes

[77] Kathrin Cuomo-Sachsse, FASMED, La technologie médicale – Une branche-clé pour la Suisse,page 10 sur 20
[78] Département fédéral de l'intérieur. Office fédéral de la statistique OFS. Statistique des hôpitaux 2012 – Tableaux standard file:///Users/marc/Downloads/0351-1312-60.pdf, [En ligne], (Consulté le 10.06.2014)

ces entreprises couvrent une grande partie de leurs besoins en ingénieurs biomédicaux diplômés master en recrutant à l'étranger. Cette solution est loin d'être idéale aussi bien :

— pour les entreprises car d'une part, il est difficile de s'y retrouver dans la « jungle » des formations étrangères de niveau master et d'autre part, ces formations ne sont pas toujours en phase avec les réalités suisses.
— pour les étudiants suisses qui partent se former à l'étranger, car établir un réseau est difficile et l'échange entre la pratique et le lieu de formation n'est guère possible dû à l'éloignement géographique.[79]

Il est difficile de prédire si les titulaires d'un master en ingénierie biomédicale suisse seraient préférés par les entreprises à leurs homologues étrangers car une question de salaire pèse dans la balance. En effet, les étrangers ont tendance à avoir des attentes salariales moins élevées que les suisses ce qui profite aux entreprises. Toutefois, le graphique ci-dessous montre que seuls 4% des titulaires du master « Biomedical engineering » de Berne en 2011 étaient à la recherche de travail 6 mois après la fin de leurs études.

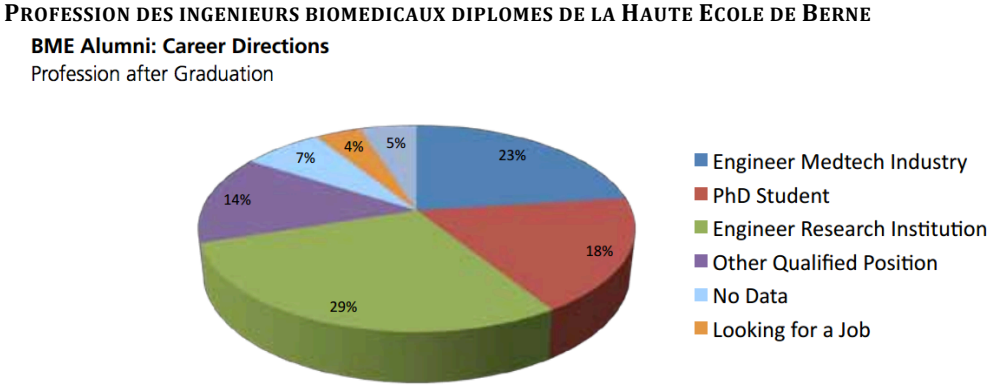


Figure 15 : Profession des ingénieurs Biomédicaux diplômés de la Haute Ecole de Berne[80]

La grande majorité des professionnels du domaine, interrogés de manière formel ou informel, estime qu'il existe un besoin important en ingénieurs biomédicaux hautement qualifiés et est favorable à la création d'une filière d'étude master au niveau HES ou universitaire. Selon eux, une filière d'études master par région linguistique est nécessaire afin de donner la possibilité aux ingénieurs Romands de profiter du potentiel énorme de ce secteur d'activité, notamment sur l'arc lémanique. Considéré comme *« l'une des régions aux mondes les plus dynamiques dans le domaine de l'innovation, de la recherche scientifique et du transfert du savoir académique à l'industrie dans le secteur de la santé*[81] », l'arc lémanique offre une concentration exceptionnelle d'entreprises médicales ainsi que de nombreux établissements de santé. Les images en page suivante en témoignent.

[79] GAUTHY-SINECHAL, Martine, VANDERCAMMEN, Marc, Etudes de marché : méthodes et outils, 3e édition, De boeck, 2010, 462 pages.
[80] http://www.bme.master.unibe.ch/unibe/medizin/bioeng/content/e3084/e306163/ar_bme.master_ov_eng.pdf [En ligne], (Consulté le 14.06.2014)
[81] http://www.bilan.ch/techno-exclusif/les-dix-annees-qui-ont-transfigure-larc-lemanique [En ligne], (Consulté le 14.06.2014)

HEALTH VALLEY : PRINCIPALES ENTREPRISES MEDTECH ET BIOTECH

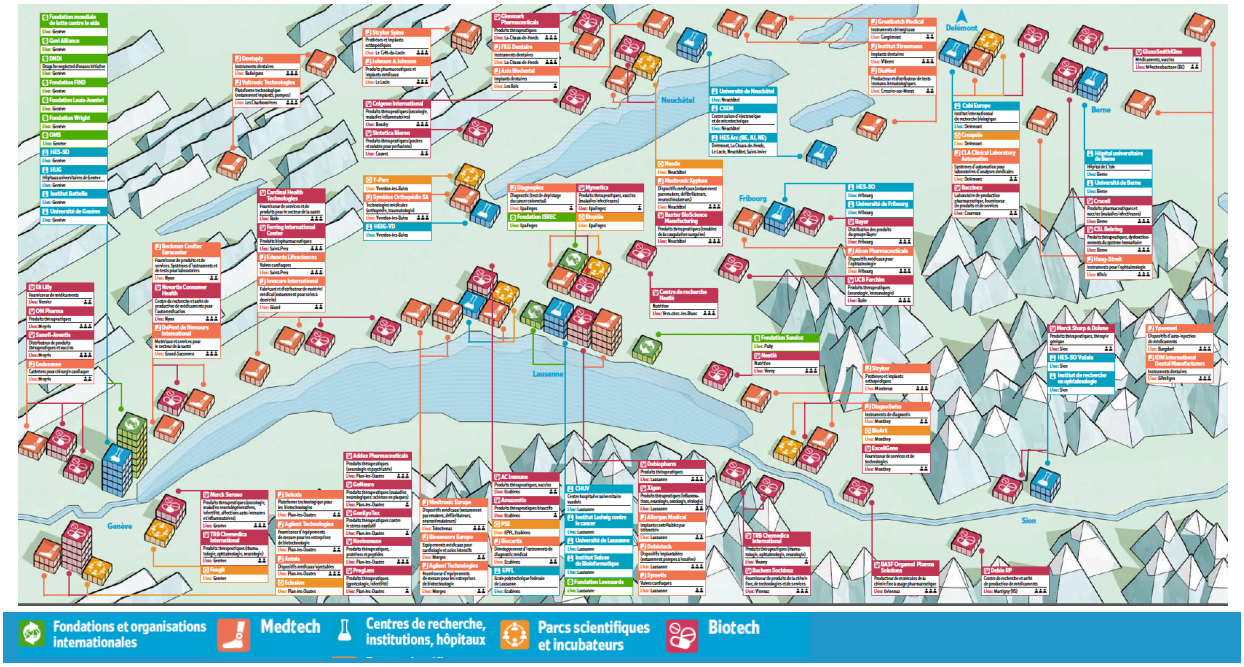


Figure 16 : Health Valley, principales entreprise Medtech et Bitech[82]

HOPITAUX ET CLINIQUES DANS LES CANTONS DE GENEVE ET LE CANTONS DE VAUD

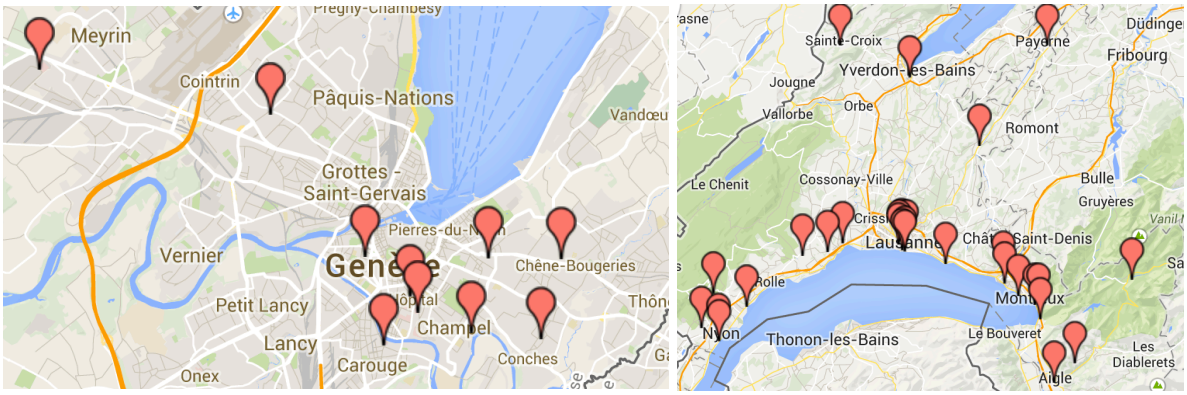


Figure 17 : Hopitaux et cliniques dans les cantons de Genève et le canton de Vaud[83]

Depuis longtemps déjà des ingénieurs biomédicaux sont formés aux niveaux bachelor ou master dans de nombreux pays européens et certaines personnes interrogées ne comprennent pas pourquoi la Suisse Romande continue à faire bande à part.

[82] http://www.bioalps.org/data/documents/Biotech%20lessor%20spectaculaire%20dune%20industrie%20romande.pdf, L'Hebdo. Biotech-Medtech. Le nouveau miracle industriel Romand, [En ligne], (Consulté le 20.06.2014)
[83] http://www.santeromande.ch/lieux.html [En ligne], (Consulté le 26.03.2014)

Entre le mois de janvier et juillet 2014, sept observations ponctuelles du nombre d'offres d'emplois en ingénierie biomédicale dans le canton de Vaud ont été effectuées à titre indicatif par l'étudiant sur trois sites : www.optioncarriere.ch, www.jobup.ch, emplois.indeed.ch. Il en ressort une moyenne de 12,37 offres d'embauche:

NOMBRE D'OFFRES D'EMPLOIS EN INGENIERIE BIOMEDICALE DANS LE CANTON DE VAUD

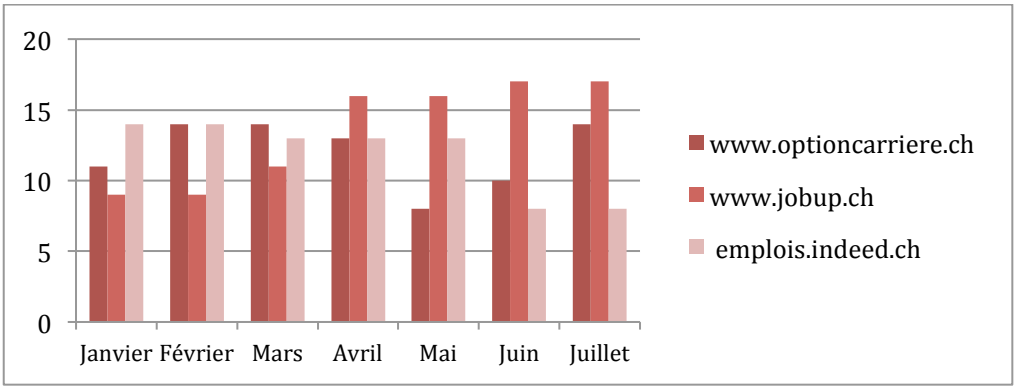


Figure 18 : Nombre d'offres d'emplois en ingénierie biomédicale dans le canton de vaud

L'avis des experts ainsi que bon nombre d'éléments liés à l'environnement semble favoriser la création d'une filière d'étude en ingénierie biomédicale. Il ne faut néanmoins pas négliger qu'à l'exception de certaines études nationales et certains articles professionnels, on ne déplore pas officiellement le manque de formation en ingénierie biomédicale et que, par conséquent, le besoin en personnel qualifié pourrait fort certainement continuer à court-moyen terme d'être couvert comme jusqu'alors (principalement par le recrutement d'ingénieurs biomédicaux étrangers).
Renoncer à moyen-long terme à cette filière d'enseignement s'avérerait toutefois déraisonnable. Il existe effectivement une forte demande en compétence technique dans le monde médical et une croissance de cette demande est prévisible. Cette augmentation est due notamment à l'évolution constante des technologies médicales, à l'utilisation croissante de dispositifs médicaux sophistiqués et au vieillissement de la population qui entraine une augmentation nécessaire des soins.

6.5 Méthodes de financement et appréciation du coût de la formation

Méthodes de financement

En suisse, la Confédération et les cantons assument conjointement la responsabilité du domaine des hautes écoles et contribuent à son financement. En 2010, l'OFS a chiffré les coûts à 9,5 milliards de francs pour l'ensemble des hautes écoles. Cette somme se répartit en : trois quarts pour les hautes écoles universitaires, un cinquième environ pour les hautes écoles spécialisées et le reste pour les hautes écoles pédagogiques. Une partie du financement peut également provenir du secteur privé aux travers de mandats ou de dons. Dans les hautes écoles spécialisées, environ deux tiers des fonds sont utilisés pour la formation de base et un tiers est

PROVENANCE DES MOYENS CONSACRES À L'ENSEIGNEMENT

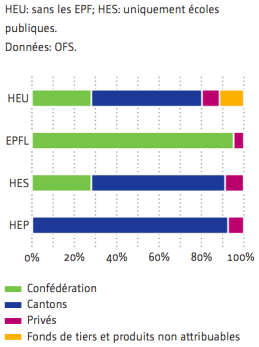


Figure 19 : Provenance des moyens consacrés à l'enseignement, 2011[84]

[84] L'éducation en Suisse. Rapport 2012. Page 174 sur 314

consacrés à la recherche et au développement (Dans les universités, le rapport est de 50%-50%). La figure 19 montre que les cantons couvrent l'essentiel des frais des hautes écoles spécialisées. La confédération quant à elle verse aux hautes écoles cantonales «*des contributions de base, des contributions aux investissements dans des constructions, ainsi que des contributions liées à des projets.* » Si un étudiant fréquente une haute école dans un autre canton, son canton de domicile devra verser des contributions aux cantons où est sise la haute école (selon L'Accord Intercantonal Universitaire (AIU) et l'Accord Intercantonal sur les hautes écoles spécialisées (AHES)).

Les étudiants des HES doivent financer une partie du coût de leurs études en s'acquittant d'une taxe. Les taxes d'études des HES publiques oscillent entre 1200 et 2000 francs par an pour les élèves Suisse. Les étudiants étrangers paient quant à eux des taxes d'études supplémentaires dans les sept HES de droit public suisse. Dans les HES privées, les taxes d'études sont nettement plus élevées (environ 10 000 à 20 000 francs par an). Dans les HES public, les taxes d'études ne diffèrent guère d'un domaine à l'autre. Comme les coûts de formation varient en même temps beaucoup selon les domaines, la part des coûts que les étudiants assument eux-mêmes est donc très variable. *« A la HES bernoise (BFH), par exemple, les étudiants en économie financent 7% du coût de leurs études, contre 3% pour leurs condisciples étudiant la chimie et les sciences de la vie. »*

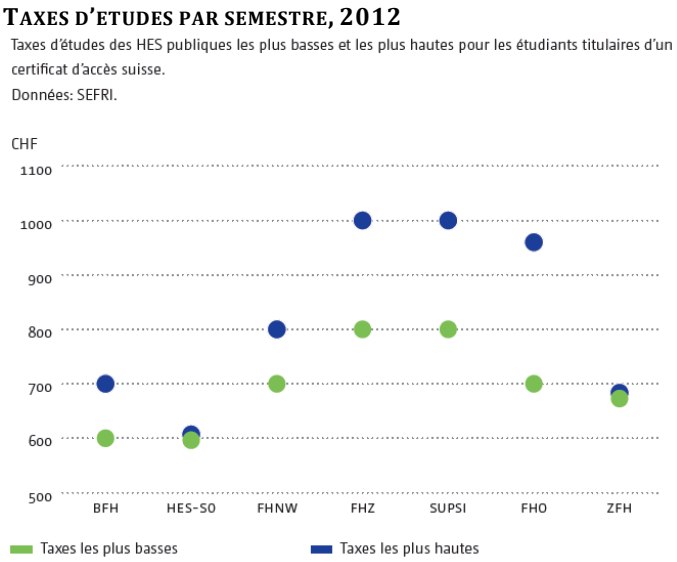


Figure 20 : Taxes d'études par semestre, 2012[85]

Coût des filières bachelor et master

Le tableau N°7 ci-après présente les différents domaines d'études proposées par les HES Suisse et fait état des coûts standard par domaine d'études et par étudiant, calculé sur la base des formations bachelor. Les coûts standard de formation dans le domaine de la « Technique et TI » sont en dessus des coûts pondérés moyens de l'ensemble des domaines d'études alors que les coûts du domaine de la « santé » sont en dessous.

[85] L'éducation en Suisse. Rapport 2012. Page 215 sur 314

COUTS STANDARDS PAR DOMAINE D'ETUDES ET PAR ETUDIANT

Coûts standards par domaine d'études et par étudiant	2008	2009	2010	2011	2012
Technique et TI	38 483	38 136	37 733	37 450	37 323
Arch.,constr., plan.	35 700	35 654	35 421	35 257	35 381
Chimie et SV	46 292	45 258	44 630	44 341	44 164
Econ. et services	18 394	17 986	17 688	17 553	17 333
Econ. et services 2[53]	34 172	33 877	33 576	33 320	33 409
Design	36 913	36 913	36 750	36 585	36 748
Santé	29 686	29 686	29 103	28 855	28 356
Travail social	20 222	20 078	20 078	20 048	20 083
Musique	36 899	36 873	36 817	36 817	36 933
Arts de la scène	50 000	50 000	50 000	50 000	50 000
Autres arts	34 786	32 783	32 783	32 783	32 354
Psychologie appliquée	15 009	15 009	18 000	18 000	17 578
Linguistique appliquée	20 355	20 355	20 355	20 355	19 853
coûts pondérés moyens	30'121	29'591	28'819	28'792	28'514

Tableau 7 : Coûts standards par domaine d'études et par étudiant[86]

Quel que soit le coût d'un master HES, la confédération verse une contribution par étudiant identique à celle versée aux cycles bachelor. Le tableau N°8 ci-dessous montre les forfaits versés par la confédération par domaine d'études et par étudiant, bachelor ou master confondu.

FORFAIT PAR DOMAINE D'ETUDES ET PAR ETUDIANT

Forfait par domaine d'études et par étudiant	2008	2009	2010	2011	2012
Technique et TI	11 545	11 441	10 943	10 860	10 824
Arch.,constr., plan.	10 710	10 696	10 272	10 224	10 261
Chimie et SV	13 888	13 577	12 943	12 859	12 808
Econ. et services	5518	5396	5130	5090	5027
Econ. et services 2	9710	9710	9710	9663	9689
Design	11 074	11 074	10 657	10 610	10 657
Santé	8906	8906	8440	8368	8223
Travail social	6067	6024	5823	5814	5824
Musique	11 070	11 062	10 677	10 677	10 710
Arts de la scène	15 000	15 000	14 500	14 500	14 500
Autres arts	10 436	9835	9507	9507	9383
Psychologie appliquée	4503	4503	5220	5220	5098
Linguistique appliquée	6107	6107	6107	6107	5757

Tableau 8 : Forfait par domaine d'études et par étudiant[87]

Pour les masters techniques, la confédération a financé en moyenne 11'123 CHF par étudiants entre 2008 et 2012 et 8'569 CHF pour les masters santés. Ces forfaits devraient couvrir un tiers du coût de la formation par élèves. Cependant, Le tableau N°9 suivant nous montre que les coûts des filières d'études master sont bien plus élevés que les études bachelor, surtout lors de la première année.

[86] Rapports SEFRI. Masterplan 2008-2011, 2012, 2013-2016, page 14 sur 38
[87] Rapports SEFRI. Masterplan 2008-2011, 2012, 2013-2016, page 14 sur 38

COUTS DES FILIERES D'ETUDES MASTER PAR ETUDIANT ET PAR DOMAINE D'ETUDES

Domaine d'études	2008	2009	2010	2011	2012
Technique et technologies de l'information	70 808	41 235	42 402	40 636	39 154
Architecture, construction et planification	44 955	36 160	37 427	35 761	37 619
Chimie et sciences de la vie	-	67 822	53 801	42 935	45 058
Economie et services	48 335	25 251	22 880	24 583	25 102
Design	96 354	60 199	52 612	44 907	39 285
Santé	0	41 494	92 857	51 704	45 882
Travail social	211 218	64 549	41 166	39 679	33 791
Musique	38 851	40 551	40 574	39 208	40 867
Arts de la scène	95 399	55 648	48 223	49 324	76 209
Autres arts	48 227	35 989	36 213	32 563	34 170
Psychologie appliquée	23 831	25 854	19 023	19 453	21 857
Linguistique appliquée	-	57 522	48 226	51 805	76 162
coûts pondérés moyens	50'351	40'211	38 712	36 840	37 902

Tableau 9 : Coûts des filières d'études master par étudiant et par domaine d'études[88]

Ce tableau met en évidence que les coûts dévolus à la mise en place des filières d'études master sont très élevés. La comparaison entre les cinq années calendaires fait apparaître que les coûts en deuxième et troisième années des filières d'études sont, dans l'ensemble, en net recul. Cela s'explique par l'achat des infrastructures en première année mais également et surtout par l'évolution positive du nombre d'étudiants. Malgré cela, les coûts après 4 ou 5 ans restent toujours supérieurs aux coûts standard des filières d'études bachelor. La charge par étudiant affectée aux cantons représente donc bien plus que deux tiers du coût standard.

Exemple simplifié :*
Le master en technique et TI est proposé dans les sept hautes écoles spécialisées de droit public suisse. Proposé à la HES-SO depuis 2009, cette formation comptait pour sa première année 141 étudiants (sur un total de 423 étudiants pour la Suisse).

*La HES-SO a donc eu des charges de 41'235 CHF * 141 étudiants, ce qui fait* ***5'814'135*** *CHF.*

Sur ces 5'814'135 CHF, ***1'613'181*** *CHF (141 * 11'441 CHF) ont été payé par la confédération.*

*Le reste (****4'200'954*** *CHF) est assuré par des contributions financières des cantons/régions partenaires de la HES-SO.*
** Il faut toutefois prendre garde à la simplification de cet exemple car d'une part, il ne prend pas en compte les taxes d'études ou quelconques contributions financières tierces et d'autre part, il fait des coûts de ce master une généralité alors que les coûts réels ne sont pas les mêmes d'une HES à l'autre.*

Les investissements de tels sommes attestent à eux-seuls de la motivation et de l'engagement des cantons à offrir aux étudiants de bon cursus de spécialisations.

D'autres formes de financements sont envisageables, notamment le financement de mandat de recherche par le secteur privé ou de dons de dispositifs.

[88] Rapports SEFRI. Masterplan 2008-2011, 2012, 2013-2016, page 15 sur 38

Appréciation du coût

Le niveau souhaité dans le futur domaine de l'ingénierie biomédicale doit servir à définir les ressources financières et le personnelles nécessaires.

Le calcul du coût de lancement d'une formation master en ingénierie médicale est complexe et dépendra de nombreux facteurs tels que :

— Le besoin en professeurs : Les coûts dépendront alors du niveau salarial du personnel académique et du taux d'encadrement[89].

— Les coûts d'infrastructures : il s'agit des coûts de construction, de maintenance, de réhabilitation ou simplement de fonctionnement des locaux dans lesquels seront réalisées les formations théoriques ou pratiques.

— Les coûts d'équipement : les coûts d'achat, d'amortissement ou de maintenance des équipements existants ainsi que les moyens nécessaires pour les remplacer au fur et à mesure de l'évolution des technologies et des contenus de la formation.

— Les coûts d'administration : Les coûts de gestion, de secrétariat et de publicité.

Il s'agira finalement de définir comment ces différents coûts seront partagés entre les différents partenaires potentiels de cette formation (HEIG-VD, HESAV, Université de Lausanne). Ceci dépendra essentiellement du type de collaboration choisi.

6.6 Evaluation des chances et des risques liés à l'introduction de cette formation

Cette filière d'étude master permettrait en Suisse romande de répondre à une demande et d'ouvrir de nouveaux champs professionnels aux ingénieurs HES. Les diplômés assumeraient des tâches diverses à un niveau stratégique et/ou conceptuel, contribuant ainsi à l'optimisation du système de santé dans son ensemble et à la compétitivité de la Suisse romande en tant que site de formation. De plus, les titulaires de ce master, de par leur vision globale de l'ingénierie et de l'être humain, pourraient améliorer les rapports et les jonctions entre technique et médecine permettant ainsi d'augmenter la qualité de vie des personnes qui nécessitent des soins.

De meilleures bases statistiques sont toutefois nécessaires et devront être effectuées afin de disposer d'une analyse globale du besoin actuel et futur en ingénieurs biomédicaux. Les chiffres disponibles actuellement ne permettent pas de définir l'offre à pourvoir.

En cas de faible demande, il faudra déterminer si les plus-values apportées aux ingénieurs sont suffisantes pour justifier la création d'une filière d'étude master en Suisse romande ou si la concentration de l'offre de formation à Berne ne serait pas plus appropriée.

[89] Taux d'encadrement : Ratio entre le nombre d'étudiants (en équivalents plein temps) et l'effectif du personnel (en équivalents plein temps) chargé de l'enseignement de base.

Le coût élevé des formations master ainsi que les résistances politiques face à l'introduction de nouvelles filières d'études master HES représenteront un défi considérable pour la mise en place d'une telle formation. La recherche de minimisation des coûts augmentera les chances de succès dans l'accréditation d'une telle formation.

Le lancement d'une formation en ingénierie biomédicale au niveau master HES risque de souffrir d'un manque de crédibilité par rapport à la formation bernoise, qui elle, est effectuée sous forme de master universitaire. En effet, dans l'opinion des gens, un master universitaire a souvent plus de valeur qu'un master HES. Cette formation augmentera donc ces chances de succès si elle coopère avec une université.

Pour arriver à un haut niveau de qualité, les exigences de cette filière devront être définies en collaboration avec des professionnels du domaine. Dans la mesure du possible, les futurs enseignants et intervenants externes devraient être experts de leur domaine d'enseignement et disposer d'une expérience pratique et de recherche. Une admission sélective des étudiants augmenterait également la crédibilité de cette formation.

6.7 Plus-values

6.7.1 Plus-value pour l'ingénieur

Une opportunité de réorienter ces études
Un master en ingénierie biomédicale permet à l'ingénieur de réorienter ses choix de carrières professionnels en complétant sa formation initiale par de nouvelles compétences.

De nombreuses perspectives d'emploi
La principale plus-value de cette filière d'étude est qu'elle procure à l'étudiant diplômé une double spécialisation qui lui ouvre de nombreuses perspectives de carrière. En effet, la formidable diversification et le besoin croissant de technologie du secteur de la santé procure à l'ingénieur biomédical d'innombrables débouchés dans de nombreux types d'industries. Selon sa spécialisation, l'ingénieur biomédical bénéficie d'une grande diversité d'employeurs :

- Fabrication MedTech
- Hôpitaux et cliniques
- Recherche Biotech
- Université
- Etablissements de soins et EMS
- Entreprise de réglementation
- Techniciens orthopédistes
- Laboratoires de prothèses dentaires
- Commerce de gros et distribution
- Audioprothésistes
- Commerce de détail
- Prestataires de services
- Entreprises pharmaceutiques
- Assurances santé
- …

Une garantie d'avoir du travail
La pluralité du domaine lui garantit une embauche rapide et, du fait de son indépendance à un seul type d'industrie, de faible chance de se retrouver aux chômages. D'autant plus que l'homme aura toujours besoin de soin et que l'ingénierie biomédicale est universelle et que des opportunités d'emploi existent aussi à l'étranger.

De bonnes conditions de travail
L'environnement de travail de l'ingénieur biomédical peut être très différent selon sa spécialisation; laboratoire, hôpital, chaine de production, etc. Toutefois, quel que soit le type d'industrie, son lien direct ou indirect au domaine de la santé présuppose un environnement sain.

Une bonne estime de soi
Le domaine d'activité de la santé à un caractère altruiste. En travaillant pour le bien d'autrui, en aidant les autres et en se sentant utile, l'ingénieur biomédical peut être fier de son travail.

Des responsabilités
La conception de bons dispositifs médicaux ou l'état des équipements dans un hôpital, par exemple, sont des éléments qui peuvent avoir un impact significatif sur les soins aux patients.

Travailler avec la technologie d'avant-garde
Afin de concevoir de nouveaux produits, l'ingénieur biomédical doit suivre les innovations de secteurs tels que la génétique, la biochimie, la micromécanique, la physique des matériaux, le traitement de signal, l'imagerie ou les technologies de l'information. La branche est donc en constante évolution ce qui garantit un travail intéressant et non répétitif.

Possibilité d'être indépendant
Dans leurs activités de recherches, les étudiants mettent parfois aux points des nouvelles technologies. En cas de « découverte » de produits prometteurs, il est fréquent que les étudiants créé une startup.

Bonnes perspectives salariales
Le salaire d'un ingénieur biomédical dépend beaucoup de sa spécialisation. En générale, il n'est pas très élevé au début de l'activité mais progresse très rapidement :

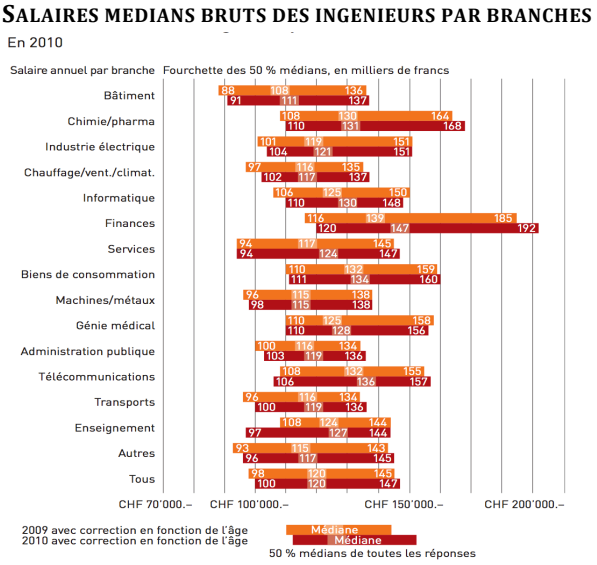


Figure 21 : Salaires médians bruts des ingénieurs par branches[90]

[90] La Suisse a besoin d'ingénieurs, dossier politique, 5 septembre 2011, page 13 sur 19

La figure N°21 montre qu'un ingénieur dans la chimie et le pharma (les ingénieurs de la chimie et du pharma sont surtout issues d'EPF ou d'études universitaires. La branche n'est toutefois pas fermé aux ingénieurs HES) gagne plus qu'un ingénieur en génie médical. Le salaire médians brut d'un ingénieur en génie médicale est toutefois bien placé (4ème places)

Bonne perspective d'avenir

Aux Etats-Unis, les formations en ingénierie biomédicale sont très nombreuses. Le département statistique du travail des États-Unis prévoit que le nombre de professionnels en ingénierie biomédicale aura augmenté aux USA de 22 pour cent entre 2006 et 2016, en raison d'une demande accrue en services médicaux et une plus grande complexité des équipements.[91]

La plupart des États des États-Unis d'Amérique ont d'ailleurs déclaré que l'ingénierie biomédicale serait l'un des meilleurs et des plus prometteurs choix de carrière à l'avenir.[92] Les Etats-Unis ont un rôle de précurseur mondial dans de nombreux domaine et de telles perspectives sont encourageantes pour la profession au niveau mondial.

6.7.2 Plus value pour l'employeur

Diminution des coûts de formations internes

Aujourd'hui, la plupart des entreprises cherche à engager du personnel qualifié plutôt que de le former en interne car le temps nécessaire à la formation représente naturellement un facteur de coût important et car elles ne disposent pas forcement des infrastructures et du personnel nécessaire à la formation de collaborateurs.

Meilleures adaptations aux changements

Le succès d'une entreprise repose essentiellement sur des professionnels qualifiés qui, sur la base de leur formation théorique et pratique, ont les ressources nécessaires pour s'adapter rapidement aux nouveaux développements.

Meilleures collaborations

Dans une entreprise à caractère biomédical, une réduction des différences de qualification professionnelle entre les ingénieurs et les médecins, chercheurs ou autres favorisera la coopération entre eux et permettrait de nouvelles formes de répartition des tâches et de collaboration.

Abrégement de la phase de conception

L'introduction de filières d'études master permettrait sans doute aussi de réduire les coûts dans le domaine de la santé car les diplômés master, permettant une meilleure gestion des cas, contribueraient à raccourcir la durée de conception des dispositifs médicaux ou de consultation des patients à l'hôpital (si une IRM dure 10 minutes plutôt que 30 par exemple, l'hôpital économiserait du temps, de l'argent, pourrait accepter plus de patients et diminuer ces tarifs.)

[91] http://www.bls.gov/ooh/architecture-and-engineering/biomedical-engineers.htm, [En ligne], (Consulté le 02.07.2014)

[92] https://www.univariety.com/app/career/Bio-Sciences-Biotechnology/Biomedical/fc06a6ad, [En ligne], (Consulté le 02.07.2014)

4ème PARTIE

7 Recommandations

Les interviews réalisées ainsi que bon nombre d'éléments de l'analyse confirment l'hypothèse de base selon laquelle il existe un manque de formations dans le domaine de l'ingénierie biomédicale en Suisse romande. Ce manque de filière de formation empêche les ingénieurs romands de profiter du potentiel important de ce secteur d'activité, notamment sur l'arc lémanique. Par conséquent, **il est recommandé à la plateforme Ingénierie & Santé de poursuivre son projet de mise en place d'une filière d'étude en ingénierie biomédicale.**

Les neuf recommandations suivantes concernant la mise en place d'une telle filière d'études résultent des différentes analyses et observations de ce travail.

1) Favoriser un niveau de formation de type *Master of Science MSc*

Afin d'être cohérant avec les méthodes traditionnelles de formation d'ingénieurs biomédicaux, il est recommandé au mandant de mettre en place une filière de niveau Master of Science MSc.

L'analyse des méthodes d'enseignement en France, en Allemagne et en Suisse révèle effectivement que la formation d'ingénieurs biomédicaux nécessite un minimum de 90 crédits ECTS. De plus, la grande majorité des personnes interviewées confirment qu'une formation de type Master of Science est la seule envisageable pour crédibiliser cette future filière de formation.

L'analyse politico-légale (point 6.1.7.1) révèle qu'un certain nombre de contraintes sont liées à la création d'un master. En effet, principalement pour des raisons financières et de personnels restreints, seule une offre limitée de filières d'études master est autorisée par le département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche et par la conférence suisse des directeurs cantonaux de l'instruction publique. Les conditions d'accréditations (annexe N°1, page 6 et 7) sont donc strictes. Il est donc recommandé de prendre toutes les mesures nécessaires afin que ces conditions soient remplies avant d'effectuer la demande d'accréditation.

Pour favoriser ces chances d'accréditation, cette formation devra au minimum :
a. garantir une qualité élevée,
b. être compétitive,
c. trouver un niveau de compétences adéquat,
d. répondre à un besoin,
e. être orientée vers la pratique,
f. être compatible sur le plan international.

2) Ne pas surévaluer la demande

Comme déjà mentionné, une forte demande en compétences techniques existe dans le monde médical et il est permis d'envisager une augmentation de cette demande.

Cependant, afin d'être attractive une telle formation devra avoir comme principale préoccupation de garantir aux étudiants une plus-value importante leur permettant de trouver une place de travail facilement. Le besoin quantitatif exact en titulaires de ce type de qualification n'étant pas connu et difficile à évaluer, il est recommandé que le nombre d'étudiants ne soit pas trop élevé initialement. Il sera possible ensuite d'évoluer en fonction de la demande.

3) Mettre en place un système de collaboration efficace

Différents éléments de l'étude démontrent l'importance de partenariats dans ce type de formation. Dans le développement d'une nouvelle filière d'étude, cet aspect doit être prépondérant à toutes autres décisions.

La formation en ingénierie biomédicale nécessite un dispositif d'équipements important, l'accès à un hôpital ainsi qu'une haute qualification du personnel enseignant. Afin de réunir ces conditions dans les domaines de la santé, de l'ingénierie et de la recherche, il est fortement recommandé au mandant de mettre en place une structure d'enseignement tripartite entre la HESAV, la HEIG-VD et la faculté de biologie et de médecine de l'Université de Lausanne.

En effet, forte d'une longue expérience dans la formation d'ingénieurs, la HEIG-VD pourrait assurer l'ensemble des aspects ingénierie de cette nouvelle formation.

La HESAV, quant à elle, dispose de la plupart des infrastructures et des connaissances nécessaires à la formation de nombreux domaine de la santé. De plus, elle entretient une relation privilégiée avec le CHUV et dispose d'un accès au Centre Coordonné de Compétences Cliniques (C4). L'utilisation d'un tel site permettrait à cette formation d'avoir une réelle orientation pratique.

Finalement, la faculté de biologie et de médecine de l'Université de Lausanne apporterait à cette formation une culture poussée de la recherche dans le domaine biomédicale.

Le partenariat entre la HESAV et la HEIG-VD serait également idéal pour faciliter le processus d'accréditation de cette filière d'étude. Leur partenariat avec l'Université de Lausanne permettrait l'accès à un budget de recherche plus élevé ainsi qu'une équivalence avec le diplôme d'ingénierie biomédicale bernois donné à un niveau master universitaire.

Cette collaboration tripartite permettrait de réduire considérablement les coûts de mise en place d'une telle filière car ensemble, ces établissements disposent de la grande majorité des dispositifs nécessaires à la formation d'ingénieurs biomédicaux.

La collaboration entre la Haute Ecole de Berne et l'Université de Berne est une « sucess story » qui peut servir d'exemple et guider cette collaboration tripartite.

4) Ouvrir la formation aux non-ingénieurs

Le faible succès des cursus master jusqu'alors observé auprès des ingénieurs représente une menace pour le succès de cette filière d'étude. Pour assurer un nombre d'inscriptions suffisant, il

est recommandé au mandant de permettre l'accès à cette future formation sur dossier. Ainsi, d'autres titulaires de bachelor HES ou universitaire (tels que les professionnels de la santé, les médecins, les biologistes, les chimistes,…) pourraient venir combler le manque éventuel d'ingénieur.

Dans les trois formations analysées, cette diversité d'accès est pratiquée selon différentes méthodes. Pour la future filière de formation, il est recommandé d'adopter les mêmes méthodes de recrutement qu'à Berne où les diplômés d'autres domaines académiques sont acceptés en fonction de leur « background » et doivent assumer leurs manques de connaissances techniques ou générales.

5) Avoir une orientation pratique et s'inspirer de formations existantes

Le domaine de l'ingénierie biomédicale est extrêmement diversifié et faire le choix des cours et des options à intégrer à la formation est une partie délicate. Etablir un curriculum nécessitera encore beaucoup d'efforts et de recherches et pourrait être très couteux.
Pour ce faire cette filière master ne devra pas négliger les besoins du monde de la pratique.
Il est donc fortement recommandé que celui-ci participe à sa conception.

Ainsi, il est conseillé au mandant d'organiser un focus group avec des professionnels confirmés de plusieurs domaines de l'ingénierie biomédicale afin que ceux-ci puissent donner leurs avis sur le contenu nécessaire à la future formation. Il lui est aussi recommandé de s'inspirer des formations analysées dans ce rapport. En effet, les trois formations étudiées ont toutes de bonnes renommées et au minimum 5 ans d'expériences dans la formation d'ingénieurs biomédicaux. Depuis leurs créations, leurs méthodes d'enseignement ont certainement pu s'adapter aux besoins, ce qui pourra grandement faciliter la tâche d'établir un programme cohérent.

Concernant le cursus de formation, il est recommandé au mandant de reprendre pratiquement à l'identique le système de 4 semestres utilisés à Berne. En y ajoutant, dans la mesure du possible, un stage obligatoire lors du 2ème semestre.

<table>
<tr><td rowspan="3">Cours de base
(pareil pour tous les étudiants)
21 ECTS</td><td>Cours de base
9 ECTS</td><td>Cours de base
8 ECTS</td><td rowspan="3">Travail de master
30 ECTS</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Cours à options selon la spécialisation choisie
22 ECTS</td><td>Cours à options selon la spécialisation choisie
22 ECTS</td></tr>
<tr><td>(à définir)
Stage obligatoire ou
Cours à options
8 ECTS</td></tr>
<tr><td>1er Semestre</td><td>2ème Semestre</td><td>3ème Semestre</td><td>4ème Semestre</td></tr>
</table>

Tableau 10 : Proposition du cursus de formation

L'étude indique que 4 semestres sont nécessaires afin d'offrir aux étudiants : une formation globale dans le secteur, l'opportunité de se spécialiser grâce à des cours à options, l'opportunité de faire un stage, la possibilité de travailler à temps partiel (de 30%).

Idéalement, ce master devrait pouvoir aussi être obtenu en cours d'emploi (50-70%) sur une plus longue durée, par ex. sur 3 ou 4 ans, ce qui permettrait d'attirer les étudiants en quête d'indépendance.

En cas de forte demande de la part d'étudiant non-ingénieurs, il est recommandé au mandant de proposer, comme à Furtwangen, un semestre préliminaire exclusivement consacré aux sciences de l'ingénierie.

6) Chercher un niveau de qualité élevé

Cette filière master en ingénierie biomédicale doit avoir un niveau de qualité élevé afin que l'industrie cherche à « s'approvisionner » localement et non plus à l'étranger. La manière dont l'HEIG et l'HESAV parviendront à mettre en œuvre le bon programme d'études et à maintenir sa qualité est décisive pour les perspectives d'emplois des futurs diplômés.

Pour assurer une formation de très bonne qualité il est recommandé d'engager des enseignants hautement qualifiés et de favoriser un maximum l'intervention d'intervenants externes experts dans leurs domaines d'enseignement. Il serait aussi judicieux de pratiquer à leur évaluation constante.

D'autre part il est recommandé de faire aussi une sélection d'entrée des étudiants en fixant par exemple une moyenne minimale de 4.6 au bachelor. L'exigence d'une expérience pratique ou de forte motivation dans le domaine peuvent constituer un critère de sélection supplémentaire.
La bonne renommée de cette filière d'étude dépendra fortement de ces projets de recherches ainsi que de sa collaboration avec le monde de la pratique. Il est donc recommandé que ces deux éléments soient aux centres des préoccupations lors de la création de cette filière d'étude.

7) Privilégier la formation en français

Le niveau d'anglais des ingénieurs HES a été jugé faible à très faible par un expert, il est donc recommandé que tous les cours ne nécessitant pas obligatoirement l'anglais soient donnés en français.

8) Mettre en place une promotion adaptée

Un bon marketing (p. ex. flyers, posters, communications sur le net et journée d'information) sera aussi nécessaire non seulement pour attirer les professeurs hautement qualifiés, mais aussi à assurer une participation élevée d'étudiants de bons niveaux.

9) Saisir chaque opportunité
Cette étude fait état de plusieurs opportunités (Analyse MOFF). Le nouveau campus de l'HESAV prévu pour 2020 à Dorigny en fait partie et représente une chance réelle pour cette formation de disposer de toutes les infrastructures nécessaires à la formation d'ingénieurs biomédicaux sur un même site. Il est donc recommander que le lancement de cette filière d'étude soit fait suffisamment tôt pour que les aménagements nécessaires puissent être prévus.

8 Conclusion

M. Markus Jaton, membre fondateur de la plateforme Ingénierie & Santé a mandaté ce travail, dans le but de déterminer sous quelle forme une formation complémentaire à la HEIG-VD teintée de notions médicales, biomédicales, chimiques ou pharmaceutiques pourrait être donnée afin de répondre à la demande du marché Suisse Romand.

Ce domaine d'activité, bien représenté dans l'industrie suisse, l'est par contre très peu dans le système de formation spécialisé. En Suisse, seule une véritable formation est disponible pour les ingénieurs HES à Berne. L'étude conclut toutefois que les langues d'enseignement utilisées dans cette formation représentent une barrière importante pour les étudiants romands.

Cette étude révèle qu'il existe une réelle lacune dans ce domaine pour la Suisse romande et qu'un master proposé par la HEIG-VD pourrait combler ce manque.

Les difficultés apparaissent dans la délimitation d'un cursus de formation car le domaine de l'ingénierie biomédicale est extrêmement vaste et concerne un grand nombre de disciplines. Le chalenge de la formation est de rester pluridisciplinaire tout en offrant des voies de spécialisation dans des secteurs spécifiques.

Pour conclure, la complexité inhérente aux domaines de l'ingénierie et de la santé a rendu ce travail extrêmement intéressant. J'ai acquis de nombreuses connaissances sur le sujet, tant sur des aspects d'ingénieries que sur le monde de la santé et de la formation. J'ai rencontré de nombreuses personnes enthousiastes et sympathiques, dont certaines n'ont pas hésité à m'accorder beaucoup de temps pour la préparation de mon dossier.

Il serait vraiment dommage qu'avec un tel potentiel de réussite et de besoin, la création de cette voie prometteuse n'aboutisse pas.

9 Bibliographie

BERLAND, Nicolas, DE RONGE, Yves, Contrôle de gestion : perspectives stratégiques et managériales, Pearson Education, 2010, 534 pages.

DURAND, Rodolphe, DUSSAUGE, Pierre, GARRETTE, Bernard, Strategor : toute la stratégie d'entreprise, 5e édition, Dunod, 2009, 945 pages.

GAUTHY-SINECHAL, Martine, VANDERCAMMEN, Marc, Etudes de marché : méthodes et outils, 3e édition, De boeck, 2010, 462 pages.

FRERY, Frédéric, JOHNSON, Gerry, SCHOLES, Kevan, WHITTINGTON, Richard, Stratégique, 8e édition, Pearson Education, 2008, 720 pages.

INSTITUT MEDITERRANEEN QUALITE, Guide des bonnes pratiques de l'ingénierie biomédicale en établissement de santé, Lexitis édition 2011, 93 pages.

PERELLON, Juan-Francisco, La Qualité dans l'enseignement supérieur : Reconnaissance des filières d'études en Suisse et en Europe - Analyse d'une révolution, collection Le savoir suisse, Presses polytechniques et universitaires romandes, 2003, 136 pages.

GARÇON, François, FORMATION : L'AUTRE MIRACLE SUISSE – Universités – Ecoles polytechniques – HES – Apprentissage, PPUR Presses Polytechniques, Focus science, 392 pages.

9.1 Rapports

EDK - CDIP - CDPE – CDEP, L'éducation en Suisse, rapport 2014. 314 pages.

DEPARTEMENT FEDERAL DE L'INTERIEUR, Mesures de la Confédération afin de renforcer la recherche et la technologie biomédicales. Date : 18 décembre 2013, 167 pages.

UNIVERSITE DE BERNE, Programme de master en génie biomédical, Rapport annuel 2012, 68 pages.

OFFICE FEDERAL DE LA STATISTIQUE, Statistique des hôpitaux 2012 – Tableaux standard, 40 pages

SECRETARIAT D'ETAT À LA FORMATION, A LA RECHERCHE ET A L'INNOVATION. Rapport sur les filières d'études Master, Version actualisée du 1er octobre 2013. 38 pages.

OFFICE FEDERAL DE LA STATISTIQUE, L'emploi dans le domaine de la santé, Faits et tendances à la lumière des chiffres des recensements des entreprises de 1995 à 2005, 2005, 31 pages.

OFFICE FEDERAL DE LA SANTE PUBLIQUE, Département fédéral de l'intérieur DFI, Politique de la santé : les priorités du Conseil fédéral, janvier 2013, 25 pages.

CUOMO-SACHSSE, Kathrin, FASMED, La technologie médicale – Une branche-clé pour la Suisse, 2009, 20 pages

SWISS ENGINEERING STV UTS ATS, La Suisse a besoin d'ingénieurs - dossier politique, septembre 2011, 19 pages

AUTEUR INCONNU, Convention entre la Confédération et les cantons sur la création de filières d'études master dans les hautes écoles spécialisées, 24 août 2007, 11 pages.

CENTRE D'INFORMATION SUR L'ALLEMAGNE. Le système éducatif en Allemagne de la petite enfance à l'enseignement supérieur, 11 pages.

JATON, Markus, La plate-forme Ingénierie-Santé, Bilan de fonctionnement, 2ème révision. Juillet 2014, 9 pages.

COMITE DIRECTEUR DE LA HES-SO, Directives-cadres relatives à la formation continue en HES-SO, Version du 9 mai 2008, 5 pages.

DOCUMENT UNIVERSITAIRE FRANÇAIS, Génie biomédical - Les technologies les plus avancées au service de la santé, Janvier 2013, 4 pages.

FREI Peter, PYROTH Christopher, Revue Competence, 2003/06, Organe officiel de IHS (Ingénieur Hospitalier Suisse), 2 pages

10 Webographie

– www.economiesuisse.ch/fr/.../dp12_Penurie_Ingenieure_f.pdf [en ligne], (Consulté le 03.03.2014)

– http://www.forumdes100.com/health-valley/ [En ligne], (Consulté le 03.03.2014)

– http://www.santeromande.ch/ [En ligne], (Consulté le 03.03.2014)

– http://lyclic.fr/upload/profil_65/doc_50924eb59e63a.pdf [En ligne], (Consulté le 03.03.2014)

– http://www.123business-fr.com/swotanalysis.html [En ligne], (Consulté le 17.04.2014)

– http://www.edk.ch/dyn/11709.php [En ligne], (Consulté le 08.04.2014)

– http://www.edudoc.ch/static/web/bildungssystem/grafik_bildung_f.pdf [En ligne], (Consulté le 08.04.2014)

– http://www.crus.ch/information-programmes/bologne-enseignement/espace-europeen-denseignement-superieur-ehea/la-reforme-de-bologne-en-bref.html?L=1 [En ligne], (Consulté le 11.04.2014)

– http://www.sbfi.admin.ch/fh/02142/02159/index.html?lang=fr [En ligne], (Consulté le 14.04.2014)

- http://www.sante.gouv.fr/ingenieur-bio-medical,10827.html [En ligne], (Consulté le 15.04.2014)
- http://www.coria.fr/ibiom/spip.php?article10 [En ligne], (Consulté le 15.04.2014)
- http://www.utc.fr/~farges/dess_tbh/96-97/Stages/JABOUR/Jabour.htm [En ligne], (Consulté le 15.04.2014)
- http://en.hs-furtwangen.de/study-programmes/faculty/mechanical-and-medical-engineering/biomedical-engineering-Master.html [En ligne], (Consulté le 24.03.2014)
- http://www.sauvedesvies.com/Metiers/Technicienne-en-genie-biomedical.shtml [En ligne], (Consulté le 26.03.2014)
- http://www.heig-vd.ch/presentation [En ligne], (Consulté le 06.05.2014)
- http://www.heig-vd.ch/formations/Bachelor [En ligne], (Consulté le 06.05.2014)
- http://www.publidoc.vd.ch/guestDownload/direct?path=/Company%20Home/VD/CHANC/SIEL/antilope/objet/CE/Communiqu%C3%A9%20de%20presse/2012/01/377930_Extension%20de%20la%20HEIG-VD%20.pdf [En ligne], (Consulté le 28.03.2014)
- http://international.hesav.ch/ [En ligne], (Consulté le 04.04.2014)
- http://www.vd.ch/themes/formation/enseignement-superieur/liste-des-institutions/HESAV/ [En ligne], (Consulté le 04.04.2014)
- http://www.c4vaud.ch/objectifs.php [En ligne], (Consulté le 12.04.2014)
- http://www.bag.admin.ch/themen/medizin/14583/index.html?lang=fr [En ligne],
- (Consulté le 13.03.2014)
- http://www.journaldunet.com/economie/magazine/classement-pib.shtml [En ligne], (Consulté le 14.03.2014)
- http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/14/05/blank/key/ueberblick.html [En ligne], (Consulté le 14.03.2014)
- http://www.bcf.ch/Upload/Documents/Attachments/pib_romand14.pdf [En ligne], (Consulté le 15.03.2014)
- http://www.skbf-csre.ch/fileadmin/files/pdf/bildungsmonitoring/epaper-bildungsbericht2014fr/index.html#/ [En ligne], (Consulté le 17.05.2014)
- http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/15/17/blank/01.indicator [En ligne], (Consulté le 19.05.2014)
- http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/15/17/blank/01.indicator.402101.4012.html [En ligne], (Consulté le 26.03.2014)

- http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/14/02/01/key/07/01.html [En ligne], (Consulté le 12.04.2014)
- http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/news/publikationen.Document.101691.pdf [En ligne], (Consulté le 12.04.2014)
- http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/01/01/key.html [En ligne], (Consulté le 12.04.2014)
- http://www.vaud.ch/fr/atouts/technologies/ [En ligne], (Consulté le 21.04.2014)
- http://www.are.admin.ch/themen/nachhaltig/00260/index.html?lang=fr [En ligne], (Consulté le 20.04.2014)
- http://www.swtr.ch/images/stories/pdf/fr/empfehlungen_bfi_botschaft_f.pdf [En ligne], (Consulté le 27.04.2014)
- http://www.icd-ecoles.com/pfa-furtwangen/ [En ligne], (Consulté le 13.02.2014)
- http://fr.wikipedia.org/wiki/Syst%C3%A8me_%C3%A9ducatif_fran%C3%A7ais [En ligne], (Consulté le 18.02.2014)
- http://www.polymtl.ca/etudes/bc/information/biomedical.php [En ligne], (Consulté le 01.06.2014)
- http://www.ulb.ac.be/facs/polytech/masters-MasterBiomed.html [En ligne], (Consulté le 01.06.2014)
- http://www.bme.master.unibe.ch/unibe/medizin/bioeng/content/e3084/e306163/ar_bme.master_ov_eng.pdf [En ligne], (Consulté le 14.06.2014)
- http://www.bilan.ch/techno-exclusif/les-dix-annees-qui-ont-transfigure-larc-lemanique [En ligne], (Consulté le 14.06.2014)
- http://www.bioalps.org/data/documents/Biotech%20lessor%20spectaculaire%20dune%20industrie%20romande.pdf [En ligne], (Consulté le 20.06.2014)
- http://www.santeromande.ch/lieux.html [En ligne], (Consulté le 26.03.2014)
- http://www.bls.gov/ooh/architecture-and-engineering/biomedical-engineers.htm [En ligne], (Consulté le 02.07.2014)
- https://www.univariety.com/app/career/Bio-Sciences-Biotechnology/Biomedical/fc06a6ad [En ligne], (Consulté le 02.07.2014)

11 Liste des personnes-ressources consultées

Monsieur Markus Jaton, professeur à la HEIG-VD et membre fondateur de la plateforme Ingénierie&Santé

Monsieur Alain Boutat, professeur-conseiller

M. Michael Maier, ingénieur biomédical diplômé

M. Didier Maillefer, professeur à la HEIG-VD

M. Régis Le Coultre, professeur à la HESAV

M. Andreas Dietz, responsable du master en ingénierie biomédicale à l'université de Furtwangen

Monsieur Emanuel Guignet, biologiste et physicien EPFL

Madame Carole Jeangros, médecin à l'Inselspital de Berne

Monsieur Pierre Jeangros, Physiothérapeute

Authentification

Le soussigné/la soussignée, ***Marc Jeangros***, atteste par la présente avoir réalisé seul-e ce travail et n'avoir utilisé aucune autre source que celles expressément mentionnées, si ce n'est les connaissances acquises durant ses études et son expérience acquise dans une activité professionnelle.

Yverdon-les-Bains, vendredi 18 juillet 2014

Marc Jeangros