

U N I V E R S I T E D E N A N T E S
F A C U L T E D E M E D E C I N E

Année 2003-2004

N° 15

THESE

Pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

Qualification en médecine générale

Par

F r a n ç o i s E v a n n o

Né le 06/08/1971 à Nantes (44)

Présentée et soutenue publiquement le 13 Mai 2004

**INTRODUCTION DES MESURES
QUANTITATIVES EN MEDECINE**

Président de thèse : Mr. le Professeur O. RODAT

Directeur de thèse : Mr. le Professeur J. GUENEL

A Mr Le Professeur O. RODAT

Qui m'a enseigné la Médecine Légale lorsque j'étais étudiant.
Pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de cette thèse.
Que vous trouviez ici l'expression de mon plus profond respect.

A Mr Le Professeur J. GUENEL

Qui m'a fait l'honneur de diriger ce travail.

Pour m'avoir fait découvrir l'histoire de la médecine et communiqué votre vive intérêt pour ce sujet.

Pour votre rigueur et votre patience.

Veillez trouver ici toute ma joie et ma reconnaissance.

A Mr Le Professeur M. MARJOLET.

Qui me fait l'honneur de faire partie de ce jury.

Que vous trouviez ici l'expression de toute ma reconnaissance

A Mr Le Professeur F. RESCHE.

Pour m'avoir permis de faire un stage à Prague et d'apprendre le tchèque.

Pour votre ouverture d'esprit.

Trouvez ici ma sincère gratitude.

A Mme Le Professeur F. NICOLAS.

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de ce jury.

Que vous trouviez ici toute ma reconnaissance.

A mon amour, Caroline et mon fils Marc (le plus costaud de la terre).

A mes grands parents. Pili, Mili, Henri, Yvonne.

A mes parents, tendrement et avec amour.

A mes frères et soeur, Suzanne et Henri-Pierre (mon grand frère adoré), Emilie et Charles (mon petit frère chéri), Marie (Ma soeur que j'aime tant) Erwan (mon quatrième frère, merci pour ton aide) et , Alexandre (bosse pt't con !!!).

A ma belle famille.

A la famille Cousin : Christine, Françoise. Jérôme qui m'a fait confiance.
A Pierre Redon et Sophie (Cousin-Redon), mon amitié éternelle.

A Jean Stéphane (mon cinquième frère) et Agnès. A Frank Jegoux (pour tes remarques pertinentes et tes compétences informatiques, merci mille fois) ; à Virginie, Marine, PJ, Gwen Romain, (à la fin de l'année Caroline et moi on va à Las Vegassssss. Y paraît qu'y a plein de babioles la-bas...). Beno et Bene, Darius et Nadia, François Yaouanc (pour les grands moments de détente...), Nicolas Chaline , Mohammed Tahi. Qu'ils reçoivent tous ici mon amitié sincère et profonde.

Ahoi, smeide z Prahy !!! Uz jsem Doctor !!!! Mislim na vas.

INTRODUCTION DES MESURES QUANTITATIVES EN MEDECINE

« Dieu a écrit la nature en langage mathématique ».
Galilée.

PLAN

INTRODUCTION.....	9
1 LA MESURE QUANTITATIVE DANS L'ANTIQUITE :	12
1.1 LA METROLOGIE DANS L'ANTIQUITE :	12
1.2 LA MEDECINE HIPPOCRATIQUE :	12
1.2.1 Généralités sur la médecine hippocratique :	13
1.2.2 Quantification en médecine hippocratique :	13
1.3 ARISTOTE :	15
1.4 L'ECOLE D'ALEXANDRIE : HEROPHILE ET ERASISTRATE	16
1.4.1 Hérophile :	16
1.4.2 Erasistrate :	17
1.5 L'ART CONJECTURAL DE GALIEN :	18
2 LES SIECLES DE PENOMBRE :	20
2.1 LA MEDECINE ARABE :	20
2.2 L'OCCIDENT MEDIEVAL :	21
2.3 LA RENAISSANCE :	22
3 XVIIEME ET XVIIIEME SIECLE :.....	25
3.1 PHILOSOPHES ET PHYSICIENS : LA THEORIE.....	25
3.1.1 Francis Bacon (1561-1626) :	25
3.1.2 Galilée (1564-1642) :	25
3.1.3 Descartes (1596-1650) :	26
3.1.4 Newton (1642-1727) :	27
3.1.5 Leibniz (1646-1716) :	28
3.1.6 Les sociétés savantes :	30
3.2 LES PRECURSEURS : LES DECOUVERTES PAR LA MESURE QUANTITATIVE CHEZ L'HOMME:.....	30
3.2.1 Harvey (1578-1657):	30

3.2.2	Santorio (1561-1636) :	33
3.2.3	Borelli (1608-1679) et le début du mécanisme :	37
3.2.4	Lavoisier (1743-1794) :	39
3.3	LES SCEPTIQUES :	41
3.3.1	Le doute de A. von Haller (1708-1777) :	41
3.3.2	Sénac (1693-1770) :	42
3.3.3	Sims :	43
3.3.4	Les vitalistes :	43
3.3.5	D'Alembert et Diderot :	45
3.4	LES ESSAIS DE L'APPLICATION A LA CLINIQUE DE LA MESURE	
	QUANTITATIVE :	46
3.4.1	La chronométrie et le pouls :	47
3.4.2	La température et le thermomètre :	47
3.4.3	Mesure de l'étendue et du poids :	48
3.4.4	Mesure de la pression atmosphérique :	48
3.4.5	Mesure de la pression artérielle :	49
3.4.6	La chimie :	49
3.4.7	La comparaison des résultats et la réalisation d'essais réitérés :	50
3.5	LES CAUSES DES ECHECS DE L'APPLICATION DES MATHEMATIQUES	
	A LA MEDECINE AU XVIIIEME SIECLE :	51
3.5.1	Les connaissances de base des phénomènes mesurés sont insuffisantes :	51
3.5.2	Les mesures s'appliquent à des théories artificielles que l'on cherche à renforcer :	52
3.5.3	Les phénomènes que l'on veut mesurer échappent à la métrologie :	53
3.5.4	Les déterminations numériques dépassent les moyens de détection :	55
3.6	LES STATISTIQUES :	57
3.7	CONCLUSION DU CHAPITRE :	58
4	XIXEME SIECLE :	59
4.1	EMMANUEL KANT :	59

4.2	L'ANATOMOPATHOLOGIE CLINIQUE :	60
4.3	X. BICHAT (1771-1802) :	62
4.4	LA STATISTIQUE MEDICALE : UNE VERITABLE BATAILLE	
	D'HERNANI :	64
4.4.1	La « méthode numérique » de P. Louis :	64
4.4.2	Les Critiques de la statistique :	65
4.4.3	Les défenseurs de la « statistique » :	65
4.5	LES MATHEMATICIENS AU SERVICE DE LA MEDECINE :	67
4.6	CLAUDE BERNARD : NAISSANCE DE LA PHYSIOLOGIE MODERNE : ..	68
4.7	LA PHYSIOLOGIE ALLEMANDE :	74
4.7.1	J. Müller (1801-1858) :	75
4.7.2	R. Virchow :	75
4.7.3	Le groupe de 1847 :	76
4.8	L'EVOLUTION DE LA CHIMIE ORGANIQUE – NAISSANCE DE LA	
	BIOCHIMIE ET DE LA BIOLOGIE MEDICALE :	81
4.9	LES APPLICATIONS CLINIQUES ET PARACLINIQUES :	82
4.9.1	La température corporelle :	82
4.9.2	La fréquence cardiaque :	82
4.9.3	La pression artérielle :	84
	CONCLUSION.....	87
	BIBLIOGRAPHIE:.....	90

INTRODUCTION

De nos jours, la mesure quantitative en médecine est une évidence. Elle caractérise la médecine moderne. Chaque spécialité médicale a des instruments adaptés à sa recherche. Le médecin généraliste prend la pression artérielle de façon systématique pour rechercher une hypertension artérielle. Il compte également le pouls, le rythme respiratoire, la température. Il prend le poids et la taille. La mesure de différents paramètres, par exemple en réanimation, permet d'avoir une idée très précise sur l'état clinique du malade. Grâce au cathétérisme, la Pression Veineuse Centrale, la Pression Capillaire Pulmonaire, la Pression Veineuse Périphérique sont recherchées quotidiennement dans tous les services de réanimation. Le monitoring permet à ces différents paramètres et d'autres encore d'être surveillés, corrigés en permanence, avec précision, pour suivre et améliorer l'état clinique et conduire la guérison. Le biologiste grâce à ces automates, de façon standard a la possibilité par exemple de déterminer le nombre, le caractère des cellules dans un tissu donné. Ainsi nous pouvons facilement obtenir la numération globulaire d'un patient, paramètre pouvant être pris en compte pour le diagnostic.

Au cours de cette thèse, il est question de l'introduction des mesures quantitatives, en médecine à travers l'histoire, par l'intermédiaire des diverses applications cliniques, thérapeutiques, biologiques et des expérimentations appliquées à l'homme et à l'animal. On abordera chronologiquement, les bouleversements philosophiques et méthodologiques qui ont été nécessaires pour passer d'une médecine livresque, spéculative à une médecine scientifique.

Mais une question se pose : Pour quelles raisons, l'application des mesures quantitatives en médecine a-t-elle amené plus d'opposition et de scepticisme que dans d'autres domaines (astronomie, physique) ? La mesure quantitative du monde inerte a permis le progrès matériel. Son application en médecine fut plus tardive. Nous en dégagerons les raisons.

Quelques définitions préalables semblent utiles.

La MESURE est l'action de déterminer la valeur de certaines grandeurs par comparaison avec une grandeur constante de même espèce, prise comme terme de référence. La mesure est QUANTITATIVE, c'est à dire qu'elle appartient au domaine de la quantité (nombre d'unités) et des valeurs numériques.

La médecine occidentale est une SCIENCE car elle est un corps de connaissances ayant un objet déterminé et reconnu (la conservation et le rétablissement de la santé), et une méthode propre ; c'est une connaissance exacte, universelle et vérifiable exprimée par des lois ¹. Ces lois sont établies par la mesure et le calcul. « *La science [...] mesure et calcul, en vue de prévoir et d'agir. Elle suppose d'abord, elle constate ensuite que l'univers est régi par des lois mathématiques* »².

Ces lois en biologie sont de nature physico-chimique complexe. En les découvrant au cours de l'histoire, l'homme a pu connaître la structure intime des composants et la dynamique des échanges matériels et énergétiques de l'organisme humains, et par ces connaissances proposer un traitement aux malades.

¹ D'après les définitions du dictionnaire Petit Robert à *science et médecine*.

² Bergson cité dans le Petit Robert.

Dans l'histoire de la médecine, la connaissance du fonctionnement du corps humain ne s'est pas acquise de façon linéaire.

« Ainsi, il est aussi fallacieux de concevoir et de présenter le progrès de la pensée scientifique uniquement comme un processus évolutif continu que comme une série de bouleversements qui se suivent en permanence. Continuité et fracture coexistent »³.

Nicolet Cl. inspiré par Condorcet, résume ainsi la notion de progrès :
« tous les progrès de l'esprit procèdent, en dernière analyse, de l'existence et des perfectionnements des langages discursifs et des mathématiques. Lesquels ne sont pas des données a priori de la nature, mais représentent une série de conquêtes conscientes, et de moins en moins approximatives, rendues possibles par l'échange des signes, la diffusion des informations et leur transmission par l'éducation. Bref un construit qui ne dépend que de l'homme »⁴.

³ Grmek M. D., *La première révolution biologique en médecine*, éd Payot, Paris 1990, p 9.

⁴ Cl. Nicolet, historien, article : *Fin(s) de l'Histoire ?*, journal *Le Monde* daté du 22 octobre 2003, d'après la philosophie de Condorcet : *Tableau historique des progrès de l'esprit humain* écrit en 1794.

La mesure quantitative dans l'ANTIQUITE :

Le concept de mesure quantitative en médecine fait l'objet d'un certain anachronisme pendant l'antiquité. Mais il est intéressant de s'attarder un peu sur cette période pour rappeler les connaissances médicales des anciens, car elles vont influencer durablement la médecine par son interprétation doctrinaire ultérieure. Nous allons montrer que la mesure quantitative appliquée à la médecine a été réalisée de façon anecdotique à cette période.

La métrologie dans l'antiquité :

L'usage des pratiques métrologiques, concernant la vie sociale courante (le commerce, le travail, la répartition du territoire, la guerre, etc. et le début de certaines activités scientifiques géométrie, astronomie...) se perdent dans la nuit des temps ⁵.

Chez les anciens grecs, la quantification s'est faite grâce à la triade : metron-statmon-arithmos. Il s'agit respectivement de mesure au sens strict, c'est à dire la détermination de l'étendue, du poids et du nombre. Ce dernier signifiant, dans ce contexte, surtout le dénombrement, résultat d'un comptage.

« On pourrait s'étonner que les anciens grecs n'aient pas ressenti le besoin d'ajouter à la triade sus-mentionnée comme quatrième membre : le temps, chronos. La quantification du temps, certainement très ancienne, est en fait comprise dans la notion de nombre. Le temps est considéré comme étant fragmenté par le mouvement des corps célestes et on en dénombre les unités. Son flux perpétuel, irréversible et omniprésent rendait impossible, pour les anciens, l'idée d'une analogie profonde entre sa quantification et la mesure des dimensions spatiales [...]. Un autre problème, plus grave était que l'on ne savait pas mesurer les degrés des grandeurs de la métrologie moderne désignés comme intensités (comme les quatre propriétés élémentaires que sont le chaud, le froid, le sec et l'humide) » ⁶.

La paternité de l'introduction de la science du nombre est souvent prêtée au personnage mythifié de Pythagore, au VI^{ème} siècle a.v. J.C. La science de Pythagore a permis l'approche quantitative des phénomènes naturels. Elle a été arithmétique mais conçue dans une perspective religieuse et mystique : la frontière entre le naturel et le surnaturel n'est pas définie.

La médecine hippocratique :

⁵ Grmek M. D, ibid., p 20.

⁶ Grmek M., ibid., pp 21 et 22.

Généralités sur la médecine hippocratique :

A l'époque classique de la Grèce Antique, l'art médical (*techné*) était conçu comme un savoir qui s'opposait aux agissements dominés par le hasard (*tuché*). Cette notion était la preuve même de sa perfection. Pour une partie des médecins hippocratiques, la médecine était un art achevé, définitivement établi comme une discipline rationnelle disposant de règles⁷.

L'observation du malade par le médecin devait se faire au moyen de l'action conjuguée de tous les sens (la vue, l'ouïe, entre autres, l'auscultation immédiate oubliée jusqu'à Laennec) et de l'intelligence ou de la raison en temps que faculté de calculer la valeur de l'ensemble des signes observés.

Mais l'obstacle principal était qu'il n'y avait pas de connaissance du monde invisible, de l'intérieur du corps. Il fallait que la contrainte exercée par l'art soit sans dommage pour la nature. Les médecins hippocratiques n'ont pas pratiqué de dissection sur l'homme. Ils se sont contentés d'un examen de surface, d'observations sur les animaux. Les « découvertes » se faisaient par analogie. Les démonstrations ou les pseudo-expériences n'apprenaient rien de nouveau à l'auteur hippocratique mais servaient uniquement à mieux étayer ses idées préconçues⁸.

L. Bourgey résume l'expérience (ici au sens de *experimentum* ou de expérimentation) hippocratique :

« Toutes les expériences que le vieux savant indique servent simplement à illustrer sa pensée, elles sont comme des images concrètes qui rendent cette pensée vivante, et dans une certaine mesure vraisemblable [...]. L'essentiel de la méthode expérimentale réside, non pas dans la recherche des faits, mais dans un art beaucoup plus délicat, celui d'établir, à partir des faits, un système de preuves qui s'impose à la raison ; or sur ce point, l'échec de ces traités est total, et rien de vraiment solide ne demeure de la profusion de leurs explications et de leurs expériences. La première ébauche de la méthode expérimentale fut même, en cet ordre au moins, moins féconde que le simple tâtonnement de l'empirisme médicale⁹ ».

Quantification en médecine hippocratique :

C'est au Vème siècle avant JC que l'on a systématisé et amélioré les approches métriques, statiques et numériques dans des « arts » (*technai*) aussi divers que la métallurgie, l'architecture, l'art culinaire, la navigation, la mantique¹⁰, la tactique, l'économie et la médecine. C'est aussi à cette période, que l'écriture s'est développée et a permis l'apparition

⁷ Grmek M., *Le chaudron de Médée*, Collection des empêcheurs de penser en rond, 1997, p 33.

⁸ La physiologie hippocratique fait appel à l'imagination ou les liquides (humeurs) sortant du corps humains (ce qui est visible) sont à la base d'un système.

⁹ Bourgey Louis, *Observation et expérience chez les médecins de la collection hippocratique* 1953, pp 182-183, cité dans Grmek M., *Le chaudron de Médée*, op. cit., pp 56-57.

¹⁰ mantique : art de la divination.

d'ouvrages définissant les règles des *technai*¹¹. Pour Hippocrate, la diététique à la fois qualitative et quantitative, a constitué le passage de l'art culinaire à l'art médical. Le dosage des médicaments était un procédé quantitatif commun aux médecines archaïques. Ce procédé a évolué et s'est amélioré par un long tâtonnement expérimental, processus habituel par lequel, jusqu'à nos jours, ont été réalisées presque toutes les découvertes capitales concernant la vie courante, les arts et les métiers¹². Toutefois, il faut souligner l'absence de toute mention d'un recours aux mesures précises et chiffrées.

Chez Hippocrate le raisonnement peut, à lui seul, parvenir à une exactitude suffisante. Il écarte implicitement les mesures chiffrées dans la clinique médicale. Cependant à cette période, où s'améliorent les procédés techniques, certains dosages de médicaments sont maîtrisés et réalisés avec une certaine précision. Les traités hippocratiques contiennent des instructions sur la quantité d'ellébore qu'il faut administrer dans des cas bien précis : lors d'un délire aigu, le malade devait boire exactement cinq oboles d'ellébore dans du vin doux. Mais les médecins de l'antiquité se sont fiés plus à leur flair qu'aux règles écrites. Il faut noter également que dans les traités hippocratiques, la périodicité de certaines fièvres et la régularité dans le nombre de jours qui sépare l'apparition de certains symptômes du début de la maladie, étaient précisées.

Mais, comme l'annonce l'auteur du traité hippocratique de traumatologie :

*« il n'y a rien de fixe ; car grande est la différence entre une constitution, entre un âge et un âge ».*¹³

Les différences individuelles ne permettent pas la quantification.

Les mesures concernant les corps malades sont très rares, parfois on indique la quantité de sang perdu.

Un aphorisme hippocratique conseille au médecin de *« juger les évacuations non par la quantité, mais suivant qu'elles sortent telles qu'il convient, et qu'on les supporte facilement ».*¹⁴

Dans le traité hippocratique *Du régime*, après avoir discuté de l'intérêt de l'alimentation sur l'état de santé, des différences individuelles quant aux forces d'assimilation de la nourriture, et des avantages d'une alimentation faible pour les malades, l'auteur anonyme de cette apologie de la médecine diététique dit ceci :

« Ces choses sont très complexes et requièrent plus de précision. Il faut donc se faire une mesure ; mais cette mesure, vous ne la trouverez ni dans un

¹¹Sous la direction de Grmek : *Histoire de la pensée médicale en occident*, édition Seuil, tome 1, pp 25 à 27.

¹² Grmek M., *Le chaudron de Médée*, op. cit., pp 32-33.

¹³ Hippocrate, *Oeuvres complètes, Fracture*, traduction de Littré. cité par Grmek M., *La première révolution biologique*, op. cit., p 28.

¹⁴ Hippocrate, *Oeuvres complètes, Aphorismes, Première section aphorisme 23*, traduction de Littré.

poids, ni dans un nombre où vous puissiez rapporter et vérifier vos appréciations ; elle réside uniquement dans la sensation du corps ».¹⁵

Le médecin peut considérer une quantité d'aliments, mais il est devant une appréciation subjective du patient et doit décrire la sensation d'autrui, que l'on traduise *aisthesis* en grec par la sensation ou la sensibilité. Il est certain que pour l'auteur cela réduisait considérablement l'utilité d'une mesure numérique précise.

Du temps d'Hippocrate la température corporelle était prise en appliquant la main sur la peau du malade. Ainsi on pouvait déterminer une fièvre légère, forte ou brûlante. N'oublions pas que dans l'antiquité la mesure de l'intensité n'était pas exprimable numériquement.

La vérification quantitative par l'expérience était impensable à cette époque. Dans la façon de penser de la très grande majorité des savants de l'antiquité, l'essentiel des phénomènes naturels réside dans leur substance. Les penseurs anciens imaginaient à peine la possibilité de l'expérimentation quantitative et n'en voyaient ni la particularité, ni l'utilité.

Aucune quantification objective, avec ou sans l'aide d'un instrument de mesure, n'a été réalisée à l'époque hippocratique. On pénètre, en lisant la collection hippocratique dans ce que Robert Joly appelle un « *règne de la qualité*¹⁶ ».

Aristote :

A la fin du V^{ème} siècle a.v. J.C. on pouvait encore concevoir un conflit pour la suprématie dans le domaine des connaissances sur la nature, entre la *physiologia* des philosophes à la façon d'Empédocle¹⁷ et la médecine hippocratique. Aristote a mis fin à ce conflit : il a défini l'objet de la « physique », qui est l'étude des principes des choses de la nature.

Pour Aristote, le développement des organes fonctionnels est placé sous les ordres d'une force finalisante : l'*entéléchie* qui n'obéit pas aux lois de la mécanique, elle est présente de façon immatérielle dans les objets morts ou vivants et chaque groupe d'organismes a son entéléchie qui lui est propre. Grâce à Aristote l'anatomie fait aussi irruption dans le domaine du savoir du monde vivant. Par la pratique de la dissection animale, Aristote a entamé l'ouverture systématique de la « boîte noire » du corps. Nous lui devons l'intérêt pour la complexité et la finalité des processus à l'intérieur de chaque organisme. La notion même d'organes et de leurs fonctions spécifiques est liée à l'enseignement aristotélicien.

Au point de vue de la méthode, Aristote, législateur de la logique déductive, ébauche aussi une théorie de l'induction. Mais en bonne logique, pour lui, on ne peut prouver une hypothèse d'ordre général par ses conséquences particulières, car on ne peut remonter des conséquences aux prémisses. Il condamne donc implicitement la méthode hypothético-déductive.

Aristote n'admettait pas l'expérimentation (*experimentum*). Louis Bourget écrit à ce propos:

« Quelles que soit l'ampleur et la variété des horizons ouverts, une grave lacune demeure, qu'il faut aussi bien marquer. Cette doctrine largement

¹⁵ Hippocrate, *Oeuvres complètes, De prisca medicina*, cité par Grmek M., *La première révolution biologique*, op. cit., p 29.

¹⁶ R. Joly, *Le niveau de la science hippocratique*, , p 102, Paris, 1966. voir *La première révolution biologique*, op. cit. p 19 et pp 25 à 29.

¹⁷ la théorie micro-macrocosmique ; le monde étant constitué par un mélange variable de 4 éléments – l'eau, la terre, l'air, le feu. *Histoire de la pensée médicale en occident*, tome 1, op. cit., p 70.

compréhensive ne dit rien, ou presque, de l'observation et de l'expérimentation entendues au sens moderne et scientifique ; toute une région du savoir, celle comprise entre la pensée vulgaire et la réflexion métaphysique, semble oubliée par le théoricien de la connaissance »¹⁸.

Aristote est convaincu que la réalisation de conditions artificielles place un fait naturel hors normes, dénature les événements. Il méprise les aspects quantitatifs des phénomènes, puisque, pour lui, l'essentiel des phénomènes réside dans ce qu'ils ont de général et d'immuable, l'expérimentation présente peu d'intérêt car elle ne peut, par principe, déceler que ce qui est accidentel et variable¹⁹.

L'école d'Alexandrie : Hérophile et Erasistrate

La tradition hippocratique a donné aux médecins une théorie et une pratique axées sur le problème de la maladie. La nouvelle école d'Alexandrie a constitué son savoir sur la connaissance anatomique des structures du corps humain, obtenue par la dissection et la vivisection. Mais la période, au cours de la première moitié du III^e siècle a.v. J.C., pendant laquelle le corps humain a pu être disséqué ne dépasse probablement pas cinquante ans²⁰.

De profonds changements propices à la mathématisation, aux explications mécanistes s'opèrent dans le milieu intellectuel alexandrin du III^e siècle a.v. J.C. Les *Eléments* d'Euclide ont imposé à la science hellénistique une rigueur particulière, ont reflété un style nouveau. Les ingénieurs alexandrins ont eu recours à des procédés mécaniques raffinés. Straton de Lampsaque (env. 340- 268 a.v. J.C.) pour étayer sa doctrine cosmologique a un recours systématique à l'expérience physique²¹. Peut-être faut-il aller chercher l'inspiration initiale de l'école d'Alexandrie dans la probable euristique expérimentale de Démocrite²², ou dans l'ancienne tradition pythagoricienne²³.

Il n'existe aucun écrit direct d'Erasistrate et d'Hérophile, rédigé vers 300 a.v. J.C., et nous ne connaissons d'eux que les témoignages de deuxième main.

Hérophile :

Marcellus, à la fin du I^{er} siècle de notre ère, raconte que les différences dans la fréquence du pouls, observées déjà par Praxagore de Cos, ont été mesurées par Hérophile à l'aide d'une

¹⁸ L. Bourget, *Observation et expérience chez Aristote*, Paris, 1955, p 68.

¹⁹ *Le chaudron de Médée*, op. cit. p 68 et pp 62-66.

²⁰ *Histoire de la pensée médicale en occident*, op. cit., tome 1, p 77.

²¹ Straton assimilait la nature à un être universel, dans lequel l'existence se maintient à l'aide de poids et de mouvement.

²² D'après Alfred Stuckelberger. voir *La première révolution biologique*, op. cit., p 39. Démocrite (-460 ; -370 a.v. J.C.) proclamait un matérialisme mécanique, la matière, pour lui étant constituée d'atomes.

²³ *La première révolution biologique*, op. cit., p 39 et p 35.

horloge à eau. Cette horloge permettait indirectement, comme il le croyait, de mesurer la puissance de la fièvre²⁴.

Voici le récit de Marcellus :

« Hérophile dit que la fréquence augmentée du pouls est le premier signe d'une fièvre à son début, subsistant jusqu'à la disparition complète de celle-ci. On raconte qu'Hérophile avait une telle confiance dans la fréquence du pouls que, l'utilisant comme indice sûr, il avait construit une clepsydre montrant le nombre du pouls conforme à chaque âge. Il se rendait au chevet du malade, y installait la clepsydre et prenait le pouls du fiévreux. Et dans la mesure ou les pulsations dépassaient ce qui était naturel pour le temps de vidange de la clepsydre, on avait la démonstration que la fréquence s'éloignait d'autant de l'état naturel, c'est à dire qu'il y avait plus ou moins de fièvre ».

Un traité anonyme, *Synopsis sur le pouls* attribué à Rufus d'Ephèse, affirme qu'Hérophile n'a pas étudié seulement la fréquence du pouls (nombre de battements pendant un temps déterminé) mais aussi son logos, proportion ou, dans ce cas plutôt rythme, c'est à dire le rapport entre les durées de la systole et de la diastole. Selon le médecin Alexandrin, le pouls de chaque âge a son mètre propre.

Cependant les efforts d'Hérophile ont été sans lendemain. Cette révolution de la clinique, naissant avec Hérophile, mourut dans l'œuf. Cela s'explique-t-il par cette contradiction existant depuis l'origine, entre sa théorie anatomophysiologique et la clinique

Hippocratique ou par la crise de la Monarchie ptolémaïque au cours du II^{ème} siècle a.v. J.C. ?
25

Pour M. D. Grmek : *« Ce qui était inacceptable dans le système hérophilien (pour les médecins empiristes), c'était précisément le côté quantitatif, l'exigence d'utiliser dans la pratique médicale quotidienne des mesures codifiées au lieu des impressions qualitatives globales »*²⁶.

Erasistrate :

Erasistrate à la même période qu'Hérophile a fait une expérience, par laquelle il a prouvé l'existence d'une perspiration insensible chez l'animal. En fait cette expérience est connue depuis la découverte au XIX^{ème} siècle d'un papyrus datant du II^{ème} siècle de notre ère contenant entre autre un essai d'un auteur anonyme :²⁷

« Si on prend un animal, par exemple un oiseau ou un être semblable, et si on l'enferme un certain temps dans un bocal sans lui donner de nourriture, et si on le pèse ensuite avec ses excréments évacués de façon visible, on trouvera qu'il

²⁴ *ibid.*, p 34.

²⁵ *Histoire de la médecine en occident*, op. cit., tome 1, pp 78 à 84.

²⁶ *La première révolution biologique*. op. cit., p 36.

²⁷ *Le chaudron de Médée*, op. cit., p 71.

y a une diminution importante du poids, évidemment parce qu'il s'est produit une émanation abondante qui est perceptible (seulement) par la raison » .

Il ne s'agit pas de discuter de l'importance, de la validité ou non de cette expérience, mais simplement du fait que ces observations ont été réalisées avec l'aide d'un instrument de mesure, sans qu'il soit notifié d'information numérique.

Les expériences d'Erasistrate ont eu une certaine limite. Le système d'Erasistrate a inclus une dimension clinique, anatomique et thérapeutique fondée par une construction théorique (telles que ses structures « anatomiques théoriquement observables » comme la *triplokia*, les *synastomoses*). Ce savant concevait le corps humain comme une sorte de machine fonctionnant grâce à trois systèmes de vases creux (artères, veines et nerfs) dont chacun transporte une substance vivifiante différente, inspiré des systèmes sous jacents aux machines pneumatiques des ingénieurs alexandrins.²⁸

Il n'a pas intégré dans son système la virtuosité thérapeutique savante et complexe acquise au sein de la médecine traditionnelle hippocratique. Pour les médecins empiristes ceci a confirmé l'inutilité, voir le caractère nuisible du fondement anatomique de l'art médical. Toutefois l'école d'Erasistrate a persisté jusqu'à l'époque de Galien.

A propos de Hérophile et Erasistrate, Grmek le dit clairement :

*« Eu égard à l'orientation mécaniste de leurs recherches et de leurs doctrines, on peut considérer comme hautement probable qu'ils mesuraient certains paramètres biologiques et qu'une quantification faisait partie de leurs expériences ».*²⁹

l'art conjectural de Galien :

Galien de Pergame (129 – 210 de notre ère) a filtré, élaboré et développé les connaissances médicales accumulées antérieurement. Il a voulu faire coexister la clinique d'inspiration hippocratique, la philosophie aristotélicienne de la nature et l'anatomophysiologie d'origine alexandrine. Pour que son système reste cohérent, Galien a fait cohabiter deux modèles. Le premier modèle, inspiré de l'école d'Alexandrie était fondé sur l'anatomo-physiologie. Le second établissait comme un court-circuit entre la théorie des éléments qualités d'Aristote et la clinique hippocratique³⁰.

Plusieurs expériences attribuées à Galien sont célèbres. Elles concernent la neurologie, les vaisseaux sanguins, la respiration, l'action des médicaments et le comportement des animaux. Une expérience sur l'origine des urines fait appel à un raisonnement quantitatif. Elle provient de son traité *Des facultés naturelles* où il consacre cinq chapitres à la physiologie rénale.

A propos de l'art médical selon Galien, M. Grmek écrit :

« la médecine est un art conjectural parce qu'elle doit tenir compte, pour agir dans des cas concrets, non seulement des changements qualitatifs mais aussi

²⁸ *ibid*, p 89.

²⁹ *La première révolution biologique*, op. cit. pp 34 et 37.

³⁰ *Histoire de la pensée médicale en occident*, tome 1, op. cit., p 93.

de la grandeur de ces changements. Elle doit prendre en considération non seulement les facultés (dynamis) du corps, les facteurs du milieu et des médicaments mais aussi de leurs degrés. »

Or, ces appréciations quantitatives ne peuvent pas être objectivées. Galien écrit :

« N'examinez pas la maladie seulement dans sa nature mais encore dans son intensité. Cette connaissance exige une longue pratique, tant pour d'autres raisons que pour cette circonstance qu'on ne peut décrire ni expliquer verbalement l'intensité de chaque affection »³¹.

Seule une longue expérience (et non expérimentation) et la sensibilité du médecin peuvent déceler et apprécier les différences quantitatives dans les variations des qualités, par exemple la paume de la main pour apprécier l'intensité de la fièvre.

Galien connaissait les recherches d'Hérophile sur le pouls. Il admettait que, comme l'aurait affirmé Hérophile, la systole des vieillards dépasse normalement de dix temps celle des nouveau-nés. Mais il lui paraissait difficile de prendre la prosodie pour modèle de la sphygmologie et inadmissible de vouloir substituer à l'appréciation intuitive du médecin une mesure précise et objective.

Galien est un aboutissement du savoir antique car il a tout lu, critiqué et réorganisé. Il est alors devenu une source presque unique (en dehors d'Hippocrate et d'Aristote) en médecine. Il s'est présenté comme un modèle à suivre³². La médecine galénique est ensuite devenue dogmatique et a conditionné pendant plus d'un millénaire la recherche anatomophysiologique et la pratique médicale.

La persistance de son enseignement sur l'impossibilité d'une quantification objective des qualités élémentaires a été sans doute l'un des obstacles qui a entravé toute tentative de mesures biologiques en dehors de la durée et de la triade classique³³.

³¹ *De usu respirationis*, V, 9 (Kuhn, IV, 511), tiré de M. Grmek, *La première révolution biologique*. op. cit., p 42.

³² *Histoire de la pensée médicale en occident*, op. cit., tome 1, p 120.

³³ *La première révolution biologique*, op. cit., pp 35 et 40 à 43.

LES SIECLES DE PÉNOMBRE :

Pendant la période qui couvre la fin de l'Antiquité jusqu'à la fin du Moyen- Age, les avancées en recherche médicale restent du domaine de la description clinique et du diagnostic sémiologique, grâce à la médecine arabe. Les découvertes permettant la compréhension du corps humain ne sont pas légion.

La médecine arabe :

Les sciences arabes de l'arithmétique, de l'algèbre, de la géométrie, la trigonométrie se sont développées. Leurs applications dans les domaines de l'astronomie, du génie civil et du génie mécanique étaient sans commune mesure avec ce qui avait été réalisé auparavant, mais aucune correspondance n'a pu être faite avec la médecine.

Après la fin de la querelle des sectes¹, à partir de l'école d'Alexandrie tardive, persiste une seule référence : celle de Galien. La réception arabe de la doctrine de Galien a été facilitée parce qu'elle était proche de celle d'Aristote.

Plusieurs musulmans influents ont prôné une éducation encyclopédique où la médecine occupait une place de choix avec la philosophie, la mathématique et l'astronomie. Mais pour les médecins arabes, il ne pouvait être possible, contrairement aux autres sciences d'appliquer la mesure quantitative. D'après Ibn Ridwan (mort en 1068, médecin chef d'Egypte), la médecine est d'abord l'apanage exclusif de la famille d'Hippocrate ; sa diffusion a ensuite entraîné une détérioration à laquelle Galien a mis fin en épurant la médecine de tous les ajouts nocifs. C'est bien proche de l'idée selon laquelle la médecine a ses racines dans une sorte de révélation. Les médecins arabes ont rattaché ainsi sans peine leur art au mythe d'Asclépios.² La médecine s'est présentée, par analogie avec la révélation des prophètes, comme un bien qu'il a fallu conserver dans sa pureté originelle³.

Dans son encyclopédie, « *al Shifa* », Abu Ali al Husayn Ibn Sina ou Avicenne (980-1037) expose pour son compte les sujets déjà étudiés par Aristote ; le livre sixième est consacré à la matière traitée dans les *Seconds analytiques* d'Aristote et s'intitule « *la démonstration* ». Le chapitre 7 porte sur les sciences, ce qui les différencie, ce qui les rapproche. La médecine, dans ce chapitre, est subordonnée à la physique. Ces deux disciplines ayant un objet commun : l'homme, mais sous un regard différent. La médecine, comme la morale étudie les puissances de l'âme humaine, considérant l'homme comme un animal en s'occupant uniquement de son corps et de ses membres, alors que la morale s'occupe de l'âme pensante

¹ La notion de sectes médicales apparaît vers le III^{ème} siècle a.v. J. C. à Alexandrie, probablement avec la forte personnalité de Hérophile. Dans le monde Romain, il existait plusieurs sectes ayant leurs philosophies et leurs pratiques propres: les dogmatiques, les empiriques, la médecine méthodique, la médecine pneumatique... Pour aller plus loin, lire *Histoire de la pensée médicale en occident*, tome 1, op. cit., pp 95 à 122.

² Asclépios : Dieu grec de la Guérison. Il était en réalité un héros, fils d'Apollon (lui-même, dieu guérisseur), et d'une mortelle, Coronis, fille de Phlegyas.

³ *Histoire de la pensée médicale en occident*, op. cit., tome 1, p 137.

et de ses puissances pratiques. Mais la médecine n'interfère pas avec les sciences mathématiques et la géométrie. La deuxième classification d'Avicenne, tirée de *l'Epître sur les parties des sciences intellectuelles*, présente un tableau systématique des sciences. Dans la physique, les parties de ce qui est principe sont au nombre de huit, chacune explicitement référée à un livre d'Aristote. Avicenne classe la médecine avec la physique dans les sept parties spéciales, dont l'astrologie, la physiognomonie, l'oniromancie, l'alchimie...⁴

La médecine arabe du Moyen-Age, à l'image de celle de l'antiquité, reste une science conjecturale. La plupart des savants persans ou arabo-andalous (Rhazès, Averrhoès, Maimonide) étaient à la fois mathématiciens et médecins sans qu'il y ait eu d'interférence entre ces deux savoirs.

L'occident médiéval :

L'occident latin a puisé au même héritage que la médecine arabe d'abord directement au cours du haut moyen âge, puis par l'intermédiaire des textes arabes au XIème siècle. On a guère cessé de traduire entre le XIème siècle et le XIVème siècle à la fois du grec et de l'arabe.

La recherche de l'œuvre authentique de Galien a formé la trame des préoccupations médiévales occidentales. Les grandes réflexions théoriques de la scolastique médicale ont porté surtout sur les œuvres de Galien et d'Aristote aboutissant le plus souvent à des impasses, en particulier sur leurs contradictions. Mais quelques réflexions peuvent être intéressantes.

Dans la seconde moitié du XIIème siècle certains maîtres de l'école de Salernes ont proposé une classification de la philosophie, définie comme « un savoir humain fondé sur la raison ». Ils ont ainsi subdivisé la « philosophie » en trois branches : l'éthique, la logique et celle qui nommée « théorique » rassemblait la métaphysique, la mathématique, la physique ou la science de la nature. De cette dernière dépendait la médecine, avec pour disciplines sœurs la science des météores et la physique au sens restreint. A son tour la médecine se subdivisait en théorie et en pratique, chacune étant considérée comme une science, c'est à dire comme une discipline fondée sur la réflexion et le raisonnement. Selon Barthélemy de Salerne, la théorie est la science des causes, la pratique la science des signes ; il ne peut y avoir de pratique sans théorie préalable. C'est donc à Salerne que se fixe le modèle du praticien savant, dont l'action thérapeutique se fonde sur la recherche des causes, selon les principes de la médecine galénique. A la même période la classification des sciences d'Avicenne (la première classification d'Avicenne présentée plus haut) est reprise par D. Gundisalvi⁵.

Déjà au XIIIème siècle, R. Grosseteste⁶ puis R. Bacon⁷ préconisaient, de percer le secret de la nature par l'expérience prise au sens de l'expérimentation. Au point de vue méthodologique, certaines discussions de la scolastique médicale essayaient un peu plus de faire rentrer la médecine dans le cadre d'une science par la transformation de l'organisation du savoir envisagé par Galien, en celui de l'investigation scientifique. Mais les discussions de la

⁴ R. Rashed, *Histoire des sciences arabes*, tome 3, éd Seuil, Paris, 1997, p 264-270.

⁵ *Histoire de la pensée médicale en occident*, op. cit. pp 183 à 185.

⁶ Grosseteste Robert (1170-1253), religieux et érudit anglais eut R. Bacon comme élève.

⁷ Bacon Roger (1214-1294), théologien et philosophe anglais.

scolastique médicale aboutissaient à montrer la difficulté d'appliquer une démonstration de type mathématique en médecine. Il n'est pas utile de rentrer dans le détail de ces discussions, parce qu'elles n'ont pas abouti à une avancée méthodologique et pratique importante⁸. Sur l'expérience (au sens de observation) en médecine les discussions scolastiques ont été nombreuses. Gentilo da Foligno (mort en 1348) dans son commentaire au Canon d'Avicenne s'est demandé si toutes les connaissances en médecine pouvaient être acquises avec certitude. La question soulève le problème de la quantification en médecine. Sa réponse que nous ne développerons pas est calquée sur celle de Galien : la médecine est une science conjecturale. Le problème de la quantification des qualités a été au centre de nombreux débats au Moyen-Age en philosophie et en physique. Dans le domaine médical aucune avancée n'a été réalisée.

Ce fut Arnaud de Villeneuve (mort en 1311) de l'université de Montpellier qui a poussé au plus haut point la réflexion sur ce sujet. En s'appuyant sur un opuscule d'Al Kindi, traduit par Gérard de Crémone. Il a proposé un système mathématique permettant de calculer les degrés d'intensité, en chaud, froid, sec et humide d'un médicament composé de plusieurs simples⁹. L'ensemble a reposé sur une répartition hypothétique en degré des qualités des simples que seule la tradition ou une évaluation des plus subjectives avaient fixée. Au XV^{ème} siècle, le médecin catalan Antoine Ricart a appliqué ce système au calcul de la masse humorale¹⁰.

La renaissance :

De façon symbolique, au XV^{ème} siècle, Nicolas de Cus (1401-1464) fit entrer la mesure quantitative et l'expérimentation dans les sciences de la vie. En effet, le texte *De staticis experimentis* (1450), une des trois parties du livre intitulé l'*idiotia*, est un dialogue entre un homme de science, fidèle à la tradition, et un novateur (un idiot, un ignorant sans préjugés professionnels), libéré du moule scolastique et dont la pensée procède directement de l'expérience des sens. Dans ce dialogue aux idées étonnamment novatrices, le lien étroit entre *mens* (raison) et *mensurare* (mesurer) est souligné:

« L'idiot : *Etant donné que le poids du sang et de l'urine d'un homme en bonne santé et d'un homme malade, d'un jeune et d'un vieux, d'un Germain et d'un Africain, est toujours différent, ne serait-il pas très profitable pour un médecin de noter toutes ces différences ?*

Le Savant : Très profitable en effet. Et ses tables de poids rendraient ce médecin absolument admirable.

L'idiot : Je pense qu'un médecin peut se former une opinion plus valable en considérant le poids et la couleur de l'urine plutôt que la couleur seule,

⁸ pour plus de précision voir p 193 tome 1 de *l'Histoire de la pensée...* Et P.G. Ottosson, *Scholastic medicine and philosophy, a study of commentaries on Galen's « Tegni »*, 1992. Aussi C.B.S. Schmitt, *Experience and experiment: a comparison of Zabarella's view with Galileo's in "De Motus"*, in *Studies in Renaissance philosophy and sciences*, Londres pp 80-138. 198.

⁹ Médicament formé d'une seule substance ou qui n'a pas subi de préparation (définition Petit Robert)

¹⁰ *Histoire de la pensée médicale en occident*, op. cit., tome 1, pp 195-196.

souvent trompeuse [...] Si, en faisant couler de l'eau dans la clepsydre, on comptait cent expirations d'un jeune homme et autant d'expirations d'un vieillard, le poids des deux quantités d'eau ne serait pas identique. Si un médecin connaissait le poids de l'expiration d'un enfant ou d'un adolescent, selon son état de santé et selon le type de maladie, il arriverait à connaître rapidement par cette épreuve la santé et la maladie ainsi que la dose utile du remède ».

Ces expériences pour la plupart sont très probablement purement imaginaires, mais leurs influences sur la pensée médicale ne doivent pas être sous évaluées. Haller, au XVIII^{ème} siècle les a jugées suffisamment intéressantes pour constituer une bonne introduction à l'histoire de la physiologie moderne et les cite comme moyens pour arriver à des hypothèses probables sur les propriétés cachées des choses.¹¹

Au cours des XIV^{ème} et XV^{ème} siècle renaît l'anatomie. L'art graphique devient de plus en plus précis. L'anatomie utilise, grâce à l'observation attentive, précise des structures de l'organisme les mesures physiques même si elle ne se sert pas de moyens numériques.¹² La Renaissance voit le développement de l'art pictural qui sera décisif pour la représentation des premières planches anatomiques. Il n'est pas étonnant que le chercheur le plus prolifique du XV^{ème} siècle ait été un artiste peintre. Léonard de Vinci (1452-1519) a manifesté un intérêt particulier pour les mathématiques et s'est essayé à des explications biomécaniques du corps humain. Il construisit par exemple un appareil capable d'imiter la voix humaine. Même si ses idées ont été un mélange de superstitions naïves, il eut l'idée d'une approche quantitative des problèmes biologiques. Il mesura, par exemple la vitesse de croissance de l'embryon humain ainsi que les dimensions relatives des différents organes et il en compara les résultats avec les données obtenues pour le corps des adultes. Mais la majorité de l'œuvre de L de Vinci est restée dans des cartons jusqu'en 1898. Si de nombreuses idées et observations de L de Vinci se sont avérées justes, personne n'y a prêté attention.¹³

Un siècle plus tard, Fernel a publié en 1542 le traité *De naturali parte medicinae*, considéré comme la première étude monographique moderne de physiologie. Il a défini comme but de la physiologie la connaissance de la nature de tout homme sain, de toutes ses forces et de toutes ses fonctions. Bien distincte de la pathologie et des études cliniques, la physiologie de

¹¹Haller a eu une connaissance indirecte des textes de Cusanus par les écrits du médecin et mathématicien ferrarais Ippolitos degli Obizzi. Voir *Histoire de la pensée médicale en occident*, tome 2, p 79 : D'après E. J. Dijksterhuis, 1956, *die mechanisering des weltbildes*, p 258, Berlin, (éd originale, *de Mechanisering van het wereldbeeld*, 1950); et K. Jaspers, 1964, *Nicolaus Cusanus*, p 139 Munich. Et H. Voir également : C. D. Wit, *Histoire du développement de la biologie*, Presse polytechnique et Universitaire romandes, Lausanne, 1992.pp 348 à 350 et *Histoire de la médecine en occident*, op. cit., tome2, p 79.

¹² voir *Histoire de la pensée médicale en occident*, op. cit., tome 2, pp 67-68.

¹³ L'édition en fac-similé des carnets de note de Vinci a paru en 1911, intitulée *Quaderni d'anatomia*, 6 volumes présentés et commentés par Vangesten, Fonahn et Hopstock. D'après H. C. D. Wit, *Histoire du développement de la biologie*, éd presses polytechnique et universitaire romandes, Lausanne, 1992. tome 1, pp 349 et 350.

Fernel était pourtant inséparable de l'anatomie et de la psychologie. Elle s'inscrivait dans le cadre d'une anthropologie psychosomatique interdisant d'étudier le corps sans l'âme, la forme sans la fonction¹⁴.

L'application de la mesure quantitative en médecine n'a pas connu de véritable avancée depuis Hippocrate tandis que la mesure appliquée aux autres sciences s'est développée. L'introduction des chiffres arabes et l'emploi des concepts abstraits de l'arithmétique et de l'algèbre, vers la fin du Moyen Age ont apporté aux savants une aide précieuse. Dans l'Antiquité, le temps se concevait sous son aspect statique et philosophique. La relation entre la quantification du temps et la mesure des dimensions spatiales ne se concevait pas. Les grands savants de la basse Renaissance sont parvenus à considérer le temps comme fonction de l'espace et se sont avisés en conséquence de mesurer le mouvement. L'année 1543, vit la publication de l'ouvrage de Copernic sur les orbites héliocentriques. Un regard nouveau a semblé alors se poser à la fois sur l'univers et sur l'homme, sur le macrocosme et sur le microcosme. Les mathématiques ont formulé des lois du mouvement pour superposer à la géométrie et à la statique une science du mouvement, incarnation de l'esprit vivant du nouveau siècle à venir¹⁵.

¹⁴ *Histoire de la pensée médicale en occident*, tome 2, pp 18-19.

¹⁵ Shryock, *Histoire de la médecine moderne*, éd Armand Colin, Paris, 1956, p 12.

XVIIème et XVIIIème siècle :

Le XVIIème siècle est un véritable tournant dans l'approche quantitative des sciences et en particulier en médecine, c'est ce que Grmek appelle « *la Première Révolution biologique* ». La révolte des savants du XVIIème siècle a été principalement axée contre la scolastique et sa tradition qualitative. Ces savants se sont proposés avant tout de mesurer les choses qu'ils observaient.

PHILOSOPHES et PHYSICIENS : LA THEORIE

Certains philosophes et physiciens par leurs théories sur l'expérience en science, sur l'approche mathématique des phénomènes physiques et vitaux ont influencé la médecine.

Francis Bacon (1561-1626) :

Francis Bacon a posé les bases théoriques de l'empirisme moderne. Pour lui, la connaissance des faits, l'expérimentation doivent nous guider, objectivement, avec prudence et esprit critique.

La *causa finalis* d'Aristote est une suggestion sans valeur, une hypothèse qui peut, à la rigueur, présenter quelque intérêt dans une argumentation philosophique, mais qui est un vice rédhibitoire en recherche scientifique puisque, par sa nature même, une *causa finalis* interdit toute possibilité de contrôle expérimental.

Francis Bacon préconise une méthode inductive pour la recherche de la nature. Dans son *Novum-Organum*, il tend à y promouvoir une nouvelle conception de la logique, qui s'oppose à celle d'Aristote, telle qu'elle est présentée dans *l'Organon*. L'induction de Bacon est plus parfaite que l'induction aristotélicienne, en ce sens qu'elle trouve le processus d'élimination des faits négatifs qui manquait chez Aristote. Mais cette induction baconienne connaît des limites, en effet : elle rend possible des affirmations de fait, et non des affirmations nécessaires, sans lesquelles il n'est point de science.

L'importance du *Novum Organum* tient dans le fait que la conception de l'auteur est constamment fonction de la nature, de quelque manière qu'on la conçoive, et non plus fonction des faits du monde moral. Mais il laisse le lecteur dans l'incertitude, quant aux contenus précis de la longue série des appuis de l'entendement¹.

L'importance de Bacon pour la mise en valeur de l'expérimentation scientifique est soulignée, jusqu'à la fin du XVIIIème siècle par les auteurs comme d'Alembert² et A von Haller.

Galilée (1564-1642) :

Galilée est le fondateur de la dynamique. Il introduit les mathématiques dans la description des phénomènes physiques. Par exemple il établit les lois de la chute libre (ce qui est plus lourd tombe plus vite : loi qui va à l'encontre des idées d'Aristote). Son approche des problèmes physiques ne se soumet pas à la scolastique.

¹ Voir la préface du *Novum Organum*, éd puf, 2001, surtout au chapitre XIV intitulé : *Les parties de la méthode*, pp 43 à 50.

² Dans son *Discours préliminaire* de novembre 1750, *Encyclopédie* Diderot et d'Alembert..

Dans les bases méthodologiques des explications galiléennes, l'expérience est préalable à toute argumentation dont elle est le point de départ. On progresse ensuite inductivement, aidé par les résultats obtenus, et l'on parvient enfin déductivement aux conclusions en s'appuyant sur les lois euclidiennes des mathématiques. On pourra, après l'expérimentation et l'analyse, apprécier quantitativement toutes les données qualitatives. Il s'agit de la méthode dite hypothético-déductive.

La loi de l'uniformité que Galilée avait ainsi formulée : « *les même causes produisent toujours et partout les mêmes effets* », a également profondément marqué toutes les sciences naturelles. Pour Galilée le livre de la nature est écrit en langage mathématique.

Plusieurs contributions de Galilée en médecine impliquant directement notre sujet peuvent être retenues.

Dans ses écrits, Galilée envisage à plusieurs reprises le battement du pouls comme moyen de mesurer le temps³. Selon Viviani, Galilée a eu l'idée d'adapter le pendule à l'emploi de la médecine pour la mesure de la fréquence du pouls, quand il a découvert l'isochronisme des oscillations du pendule, à la cathédrale de Pise. Cependant cette affirmation de Viviani est postérieure à l'événement, lui même non confirmé par d'autres témoignages.

En 1610 il constate qu'en modifiant la distance des lentilles, sa lunette astronomique peut aussi servir de microscope. Il construit le microscope composé qui, perfectionné par Leeuwenhoek, permettra les travaux d'anatomie microscopique de Malpighi.

Galilée est lié à la construction et à la première application du thermomètre. Nous ne nous étendrons pas sur la polémique de la paternité entre Santorio et Galilée de l'invention du « thermoscope à air ». Mais Galilée a fait des expériences dans la dernière décennie du XVIème siècle avec un appareil en verre dans lequel l'expansion de l'air permettait d'estimer les changements de la température ambiante.

Il a appliqué à plusieurs fonctions vitales, notamment aux mouvements des articulations, à l'action des muscles, à l'équilibre et à la marche, les lois mécaniques du monde inorganique.

L'œuvre de Galilée constitue le support idéologique de toute une école biologique médicale : La iatrophysique⁴. On doit donc à Galilée l'élaboration des concepts qui ont permis l'introduction de l'expérience quantitative dans les sciences biologiques ; tout phénomène naturel est quantifiable, d'abord en théorie et ensuite, à l'issue d'une expérimentation correctement menée, en pratique. Il élabore comme Newton la notion nouvelle de la loi naturelle, basée sur l'outil mathématique.

Descartes (1596-1650) :

Pour Descartes, selon son principe unitaire des sciences de la nature, toute matière animée et inanimée est sujette à des lois identiques ; ce principe vaut aussi, par conséquent, pour « la

³ Galilée, *Dialogo sopra i due massini sistemi del mondo*, 1630.

⁴ iatro(physique), du grec *iatros* : médecin.

*médecine, les mécaniques et généralement tous les arts à quoi la connaissance de la physique peut servir*⁵ ».

Descartes a soutenu, après Galilée, que tout événement est quantifiable et que les mathématiques régissent tout. Pour lui, les animaux sont des automates, des mécaniques, et l'homme en diffère parce qu'il possède une âme.

Mais sa théorie est empreinte de préjugés, ainsi après avoir énoncé ses lois erronées sur les collisions moléculaires, Descartes écrit : « *Les preuves de tout ceci sont tellement certaines que, même si l'expérience paraissait nous montrer le contraire, nous serions obligés d'attacher plus de croyance à notre raison qu'à nos sens* »⁶. Bref, la réflexion, le raisonnement relèguent les observations au second plan toutes les fois que c'est nécessaire. Descartes ici est en fait l'épigone de Platon.

Il a affirmé que les sens donnent des informations scientifiquement valables mais il a aussi tenu à faire remarquer qu'il existe un univers d'abstraction, de l'éthique, et une théorie de la moralité ayant leurs propres lois. Descartes apparaît alors comme étant, d'une part un penseur mécaniste et matérialiste et, d'autre part, un déiste idéaliste. Pour Descartes les mathématiques et la mécanique règnent sur la nature vivante, mais leur pouvoir prend fin là où passe la frontière entre le domaine de l'âme et celui de l'éthique.

La fameuse métaphore cartésienne de l'horloge a trouvé un auditoire scientifique très impressionné par les nouvelles découvertes de la physique et de l'astronomie. Pour un grand nombre de savants, au XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècle, la physiologie animale et la médecine deviendront un simple problème de mécanique.

Newton (1642-1727) :

Newton, mathématicien, physicien, astronome est l'élève de R. Boyle, le fondateur de la Royal Society. Il écrit en 1687 *Principes mathématiques de philosophie naturelle*. Le mot révolution n'est pas exagéré pour décrire son importance en physique. Car c'est à partir de là que l'univers devient un tout intelligible, régi par quelques lois simples applicables aussi bien aux objets terrestres qu'aux corps célestes. Mais quelle a été en biologie l'influence de ce grand scientifique du XVII^{ème} siècle ?

Son application des mathématiques en physique sera un modèle pour les iatrophysiciens comme Keill Angleterre. Grâce à l'œuvre de Newton, la science acquiert son autonomie et commence dès lors à exercer son influence sur la société humaine.

Dans son ouvrage *Optique* (publié en 1704), sur les phénomènes lumineux, à la question 31 de la fin de l'*Optique*, Newton a suggéré d'étendre le principe d'une action à distance des particules au delà des attractions de la gravité, du magnétisme et de l'électricité :

« *D'après ces exemples, paraîtra-t-il invraisemblable qu'il y ait d'autres forces attractives dans la Nature, elle qui est toujours conforme à elle même ? Je n'examine point ici quelle est la cause de ces attractions : ce que j'appelle attraction peut être produit par impulsion ou par d'autres moyens qui nous sont*

⁵ Descartes, *Les Principes de la philosophie*, 1664, partie 4,204 ;voir aussi Rudolph ,1995, *Un bilan de la physiologie des lumières, Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie*.

⁶ Tiré de Wit, op. cit. volume 1, p 274.

*inconnus. Je n'emploie ici ce terme que pour désigner une force, en vertu de laquelle les corps tendent réciproquement à s'approcher quel qu'en soit le principe ».*⁷

Ceci permettra aux vitalistes de trouver une caution à leur théorie du « principe vital ».

Newton, a déclaré, que les profondeurs de « *l'immense océan de la terre* » demeureront « *insondables* ». Dans la préface des *Principia*, il explique que la géométrie apparaît comme fondée dans la pratique mécanique ; elle n'est « *rien d'autre que cette partie de la mécanique universelle qui expose précisément et démontre l'art de mesurer* ». Alors que pour Descartes les mathématiques régissent tout. Newton est moins absolu que Descartes : Il considère « *non que le réel est de part en part mathématisable, mais que les mathématiques ont à faire à un domaine spécifique, celui du mesurable* »⁸.

Mais Newton, comme Locke et encore plus tard Diderot, va plus loin : la science de la nature vivante échappe à la précision des mathématiques. Il se positionne ainsi parmi les adversaires des données quantitatives en médecine.⁹

Leibniz (1646-1716) :

« *Toute la science physique, et la médecine même, a pour dernier but la gloire de Dieu et le bonheur suprême de l'homme* ».¹⁰

Gottfried Wilhelm Leibniz, philosophe allemand, condamne la pratique médicale de son époque. « *Tout bien réfléchi, le progrès de l'art médical doit nous étonner beaucoup plus que son imperfection* ».¹¹

Il refuse les doctrines iatrophysiques et iatrochimiques strictes et rêve d'une synthèse originale, philosophiquement plus ouverte, du galénisme et du savoir médical moderne. Comme Sydenham, il a souhaité un retour à l'orientation empirique, au regard ingénu de l'hippocratisme primordial.

Cependant, il ne préconise pas comme méthode de recherche l'empirisme brut. Il s'agit surtout d'un emploi judicieux des expériences physiques et chimiques, des dissections anatomiques et des observations cliniques, toxicologiques, météorologiques et microscopiques. La physiologie doit s'appuyer autant que possible sur l'anatomie, comme la pathologie sur la physiologie et la thérapeutique sur la pathologie.

Il préconise l'analyse chimique des urines, de la salive et d'autres excréments, recommande l'emploi du thermomètre pour mesurer la température des malades et propose l'étude systématique des effets thérapeutiques des médicaments¹². Il propose également l'expérience sur l'homme, dans des cas sans danger. Il prévoit également l'autopsie obligatoire des

⁷ *Histoire de la pensée médicale en occident*, op. cit., tome 2, p 129.

⁸ J.L. Labussière, *Puissance et impuissance de la mesure au siècle des lumières*, p 245.

⁹ d'après Wit, op. cit., tome 2, p 44.

¹⁰ *Opera omnia*, 1768,1, page 262. Toutes les citations de *Opera omnia* sont tirées de Grmek, dans *La première révolution biologique*, op. cit., pp 261 à 284.

¹¹ *Opera Omnia*, 2, 2, p 111.

¹² dans *Directiones ad em medicam pertinens*, texte rédigé en 1680 et resté à l'état de manuscrit.

cadavres des malades décédés dans les hôpitaux¹³. Très utiles lui paraissent les recherches microscopiques de Malpighi et de Leeuwenhoek¹⁴

La médecine, écrit Leibniz, étant la plus empirique des sciences, a besoin de recueils, d'observations et de répertoires. Il ne pense pas que le revirement méthodologique et le progrès de la médecine puissent se produire grâce à l'initiative des médecins : ils en seront les artisans mais non les promoteurs. Les premiers pas d'une réforme c'est au gouvernement de les faire¹⁵.

En se basant sur les résultats de Ramazzini et Newmann, Leibniz a tenté d'attirer l'attention des savants allemands, en particulier des médecins, sur l'immense importance pratique et théorique d'une statistique de la morbidité et de la mortalité. Leibniz propose de faire « *l'histoire des maladies qui règnent chaque année en France*¹⁶ ». Dans ses mémoires manuscrits, Leibniz insiste sur l'utilité des études démographiques et sur la nécessité de fonder un bureau d'état civil chargé de l'enregistrement de toutes les variations de la population d'un pays.

Selon lui, la fonction d'un collège de santé serait, d'une part, de rassembler et d'interpréter scientifiquement des données sur la morbidité et d'établir des topographies médicales et, d'autre part, d'intervenir activement dans l'intérêt de la santé publique, par exemple en luttant contre les épidémies et en contrôlant les vivres. Il a fait diverses propositions médico-sociales et de santé publique également en avance sur son temps.

Mais Leibniz reste ambigu sur les capacités des explications mécanistes du monde vivant:

« *Quoique tout dans la matière ait une explication mécanique, tout ne s'y explique pas d'une manière matérielle, c'est à dire à l'aide de ce qui est purement passif dans le corps, ou bien en s'appuyant sur les principes purement mathématiques de l'arithmétique et de la géométrie* ».¹⁷

Il laisse voir dans cet extrait un espace possible où beaucoup d'interprétations peuvent s'intercaler, en particulier la doctrine des vitalistes.

Leibniz a été un philosophe déiste qui a voulu concilier les causes mécanistes et la *causa finalis* d'Aristote :

« *Si Dieu est l'Auteur des choses et s'Il est suprêmement sage, il n'est pas possible de penser à l'organisation de l'univers et ensuite du monde sans y reconnaître la sagesse. Les sciences de la vie se prêtent remarquablement à la prise en considération des causae finalis. Le corps animal est une machine qui*

¹³ dans un manuscrit de neuf feuillets conservé à la bibliothèque de Hanovre.

¹⁴ *Opera Omnia*,2,2 page 148.

¹⁵ *Esprits de Leibniz ou Recueil de pensées...*, Paris, 1772, tome 2, *Histoire de la pensée médicale*, op. cit., page 364.

¹⁶ Extrait d'une lettre de Leibniz au *Journal des sçavants* du 26 juillet 1694, page 299-301, réimprimé dans *Opera Omnia*,2,2 page 162-163.

¹⁷ Doute et objection qui font partie de la controverse avec Stahl, publiée sous le titre *Negotium otiosum* -- en français in Stahl, 1859-1864, tome 4, p 14 --*Histoire de la pensée médicale*, op. cit., tome 2, p 120

*fonctionne selon les principes de l'hydraulique, pneumatiquement et métaboliquement, et dont le but est de maintenir le mouvement vital. En montrant ce qui sert à ce but ou ce qui lui porte tort, on acquiert une compréhension, tant de la physiologie que de la science médicale. Ces sciences permettent de comprendre comment les causae finales favorisent le déroulement naturel, non seulement pour admirer la sagesse de Dieu, ce qui est le principal, mais encore pour comprendre les choses et les rendre accessibles ».*¹⁸

En pratique, malgré des suggestions intéressantes, comme les décomptes démographiques qu'il propose, la contribution de Leibniz à l'introduction des mathématiques en médecine a été très faible.

Les sociétés savantes :

La création des sociétés savantes au XVII^{ème} siècle est un facteur important du développement des sciences dans les différents pays d'Europe. En France l'*Académie royale des sciences* est créée en 1666. Elle établit en 1699 un nouveau règlement par lequel elle institue la physique expérimentale au service de toutes les sciences, à commencer par l'anatomie ou physique générale, ce qui deviendra la biologie, la chimie et la botanique. Nous avons vu la création par Boyle, en 1662, de la *Royal Society de Londres* dont de nombreux savants de toute l'Europe firent partie.

Les précurseurs : les découvertes par la mesure quantitative chez l'homme:

Tout au long du XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècle, de nombreuses découvertes en physiologie vont se faire chez l'animal et chez l'homme. Certaines vont être réalisées par l'utilisation de mesures quantitatives.

Harvey (1578-1657):

Ce n'est pas un hasard si la découverte de Harvey est venue après Copernic et Galilée. Comme pour la mise au point des cartes indiquant la révolution des planètes, les problèmes qu'a posés l'étude de la circulation du sang ressortent avec les mouvements dans le temps et dans l'espace¹⁹. La découverte en 1628 de la circulation sanguine par Harvey est une étape décisive dans l'histoire de la physiologie. La méthode expérimentale a été utilisée de façon très restreinte. Dans le domaine biomédical, le raisonnement quantitatif et les mesures précises ont été totalement absents.

Ni le système sanguin selon Galien, ni les différentes brèches qui ont été ouvertes par ce système, ni d'ailleurs les découvertes venues depuis l'Antiquité jusqu'à Harvey, n'ont fait appel à la mesure quantitative.

¹⁸ Extrait de Leibniz, *Suite de la réponse à Nicaise*. Tiré de Wit, op. cit., tome 2, p 6.

¹⁹ D'après Shryock, *Histoire de la médecine moderne*, op. cit., pp 15-16.

Mais Colombo R. (1520-1599) a fondé l'hypothèse du passage pulmonaire sur des faits anatomo-physiologiques et aussi sur un raisonnement d'ordre quantitatif. La quantité de sang qui va aux poumons est trop importante pour servir uniquement à la nutrition de cet organe²⁰. Ainsi cet argument quantitatif n'a pas échappé à Harvey :

« *Et comment peut-on supposer, ainsi que l'a remarqué Realdo Colombo, que les poumons ont besoin d'une si grande quantité de sang pour leur nutrition, quand le vaisseau qui les nourrit, c'est à dire la veine artérielle, dépasse en dimension les deux veines crurales, branches terminales de la veine cave descendante ?*²¹ ».

Harvey a été un disciple de l'école italienne de Padoue, imprégnée de la méthode galiléenne. Il y avait chez lui une part résolument moderne : il a voulu prendre en compte les aspects quantitatifs des manifestations vitales.

Dans *l'Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*, publié en 1628, l'observation anatomique tourne à la démonstration anatomique, en introduisant le raisonnement quantitatif et la mesure : la masse de sang qui passe dans une unité de temps à travers le cœur ou un vaisseau est tellement grande qu'il ne peut s'agir que du retour périodique de la même substance²². Les preuves de la circulation du sang viennent ensuite, où la présentation suit strictement la méthode hypothético-déductive :²³

Dans le chapitre 9, Harvey montre par un calcul très simple que la quantité de sang lancée par le cœur dans l'aorte en une demi-heure dépasse nettement la quantité totale de sang qui se trouve dans l'organisme. Les quantités indiquées dans le traité de Harvey sont sous estimées, en réalité elles sont au moins trente fois plus élevées, mais cela est fait exprès, pour ne pas donner prise à une discussion sur les chiffres. Ce n'est point une expérience de mesure qu'Harvey utilise ici à titre de preuve mais un raisonnement quantitatif.

La méthode d'Harvey correspond à celle que Galilée et Newton recommandent pour l'investigation dans le domaine de la physique. C'est par analogie que Harvey a eu ses meilleures idées et c'est seulement dans un second temps que, grâce aux observations anatomiques précises et aux expériences de pensée, il a été convaincu de leur validité.

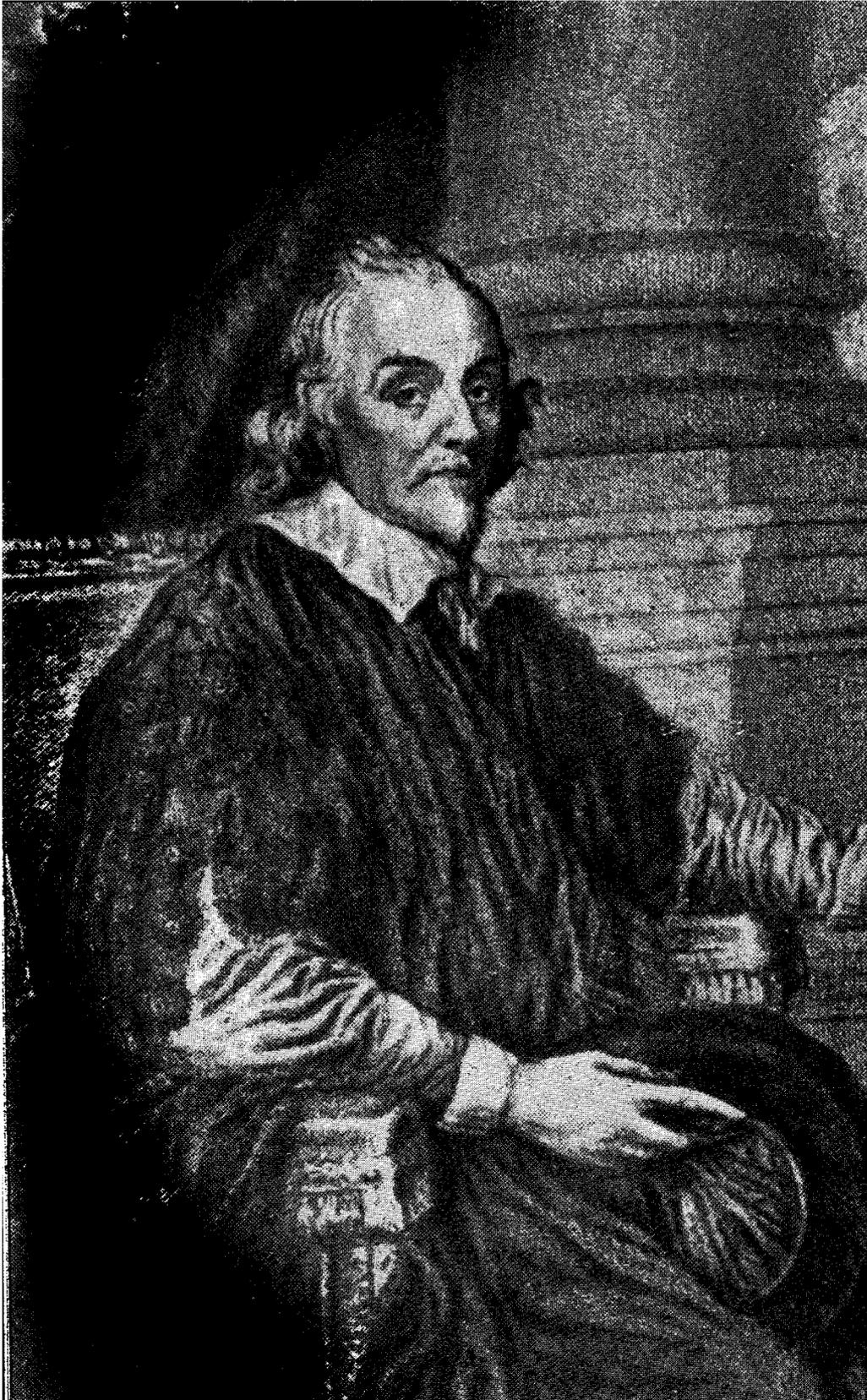
Une autre remarque importante est à faire : le livre de Harvey expose la démonstration d'un phénomène singulier, il n'est pas un discours de la méthode à suivre pour une bonne expérimentation en médecine. Les textes fondateurs d'une méthode expérimentale n'ont pas existé en médecine au cours des XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècle.

²⁰ Colombo, *De re anatomica* daté de 1559 parue au début de 1560.

²¹ W. Harvey, *De motus cordis*, préface de l'auteur.

²² Introduction de cette argumentation au chapitre 8, de *De motus cordis*.

²³ *ibid.*, du chapitre 9 au chapitre 16.



William Harvey (1578-1657), portrait extrait de *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* traduit du latin par Ch. Richet, les classiques de la médecine PUF, Alliance culturelle du livre, Genève Paris Bruxelles, 1962.

Santorio (1561-1636) :

Santorio, est né à Kopar en Istrie, appartenant à l'époque à la république de Venise. Il a étudié la philosophie et la médecine à l'école de Padoue où, en 1582, il fut promu docteur en médecine. Il a introduit en médecine la mesure systématique de divers paramètres chez l'homme. Ses expériences sur la médecine statique découlent des procédés d'investigation expérimentale de Galilée. Mais dans ses œuvres imprimées, Santorio laisse entrevoir son refus de voir en Galilée son maître spirituel.

Il se réclame de la physiologie et de la pathologie galénique et se déclare adepte fidèle des préceptes formulés par Hippocrate. Sa « *medicina statica* », selon lui est un art de sa propre invention, pressentie par Galien. Mais il reste critique sur la médecine scolastique :

« Aujourd'hui, dans la plupart des facultés de l'Europe règne cette folie de croire plus à Aristote, à Galien et à Hippocrate qu'à ses propres sens... Il faut croire d'abord à ses sens et à l'expérience, et ensuite au raisonnement et, seulement en troisième lieu, à l'autorité d'Hippocrate, de Galien, d'Aristote et d'autres excellents philosophes ».

Dans ses *Commentaires du canon d'Avicenne* il s'oppose à l'opinion de Galien selon laquelle la médecine est un art conjectural. De ce fait il fait l'effort d'introduire en médecine l'analyse quantitative des phénomènes vitaux.

La balance de Santorio :

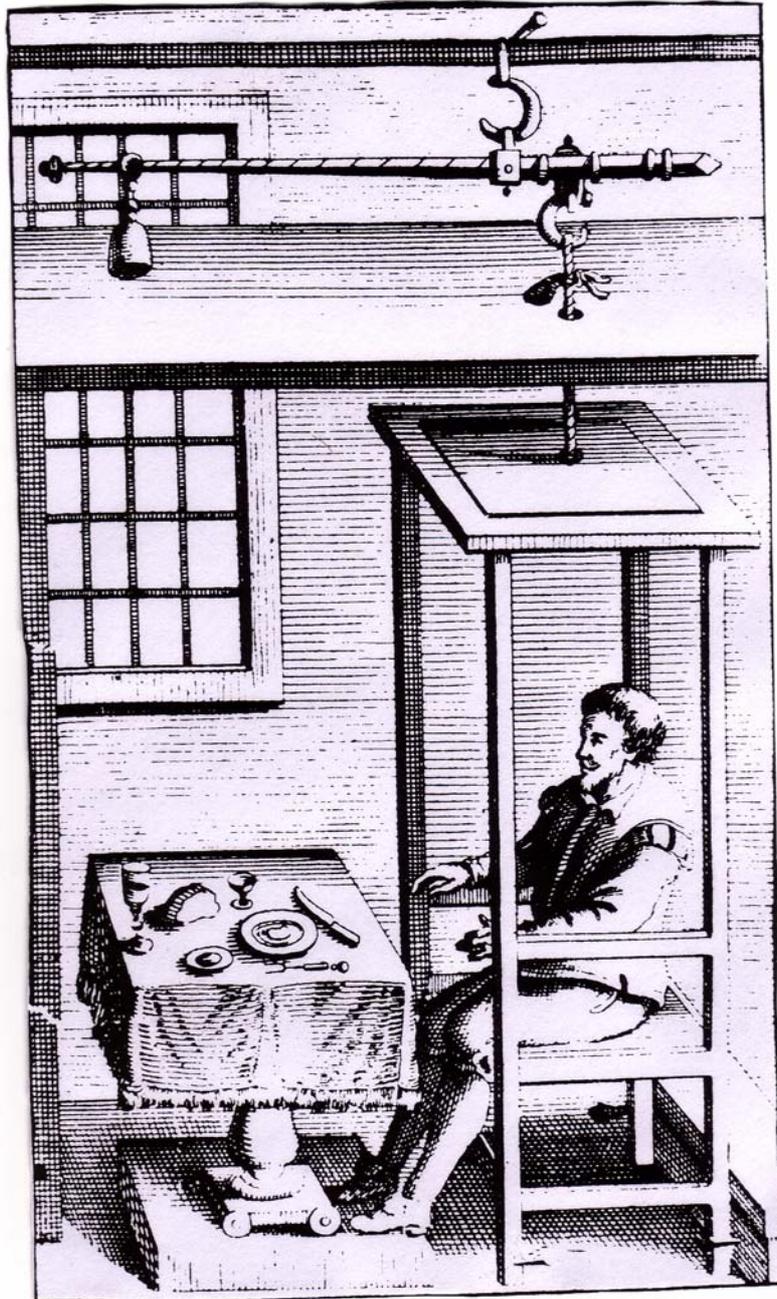
En 1614, il publie ses expériences entreprises depuis 25 ans dans son livre *Ars de statica medicina*. Il donne, sous forme d'aphorisme, tel un deuxième Hippocrate, les résultats de ses expériences physiologiques à l'aide de la balance et d'autres instruments de mesure. Il introduit la pesée dans la physiologie et dans la pathologie. Lorsque Santorio a réalisé cette expérience sur lui-même, il n'a pas connaissance des efforts de son prédécesseur antique, Erasistrate.

Selon Hippocrate, la santé est l'harmonie des humeurs. L'équilibre entre les matières consommées et rejetées par l'organisme est une des expressions de cette harmonie. Selon Santorio, toute maladie devrait être accompagnée d'un déséquilibre quantitatif de ces matières. Pour vérifier cette conception, il a construit une chaise-balance et a observé systématiquement les oscillations quotidiennes de son propre poids. Il a démontré ainsi l'existence de la transpiration insensible et il a constaté qu'une grande partie de l'excrétion s'effectue invisiblement à travers la peau et par les poumons.

D'après les mesures de Santorio, si la nourriture et la boisson d'un jour pèsent huit livres, la transpiration insensible pèsera à peu près cinq livres. Donc, la transpiration insensible à elle seule est plus grande que toutes les excréments sensibles de notre corps réunies. La transpiration insensible atteint son maximum entre cinq et douze heures après le repas. Selon Santorio, un homme normal expulse en une nuit environ seize onces d'urine, quatre onces de matières fécales et quarante onces de substances invisibles. Le froid diminue nettement la transpiration insensible. Cette diminution peut atteindre jusqu'à deux livres par jour. Bien entendu, la quantité absolue de la transpiration insensible est en réalité moins élevée.

Santorio a cru que sa chaise-balance pouvait permettre d'éviter l'amaigrissement et la prise de poids. Pour lui, comme pour les disciples de Pythagore, le secret d'une vie saine consistait dans le maintien d'un poids constant. Il faut noter qu'il réussit, grâce à la balance, à détruire la

fausse opinion que le corps humain ou animal est plus léger vivant que mort. Cette dernière opinion était fondée sur la croyance que l'âme soulève et allège le corps vivant.



medicina statica aphorismi, 1641.

Le thermoscope de Santorio :

Santorio a mesuré, par son thermoscope à air, les variations de la température de l'air ambiant celles de l'air expiré et des diverses parties du corps humain. Ce thermoscope à air, était un système ouvert dans lequel la variation de la température était indiquée par l'expansion de l'air. Il était en même temps soumis aux variations de la pression atmosphérique et fonctionnait donc, simultanément, comme un baromètre. Il réussit à démontrer la constance de la valeur normale de la température du sang et les divers degrés de son augmentation en cas de fièvre²⁴. Dans la dernière décennie du XVIème siècle, Galilée aurait fait des expériences avec un appareil en verre dans lequel l'expansion de l'air permettrait d'estimer les changements de la température ambiante. Il n'a pas fait de mesure chez l'homme, et n'a rien publié à ce sujet.

Santorio a été certainement le premier à mesurer le degré de la fièvre. Voici ce qu'il dit :

« Nous avons longuement réfléchi à la manière dont on pourrait, d'une façon ou d'une autre, apprécier la valeur quantitative des maladies. Nous avons, dans ce but, inventé quatre instruments. Le premier est notre pulsilogium. L'autre est un récipient de verre avec lequel nous mesurons, d'heure en heure, la température froide ou chaude afin de pouvoir, à tout moment, établir avec certitude de combien la température s'écarte de celle de l'état normal, mesurée auparavant. Héron a proposé ce récipient dans un tout autre but. Nous l'avons construit de telle façon que l'on peut reconnaître la température froide ou chaude de l'air et de toutes les parties du corps et observer également le degré de la température du fiévreux. Ceci peut se faire de deux manières ; suivant la première, le malade saisit avec la main la partie supérieure du verre ; suivant la seconde, il tient cette partie du verre devant sa bouche, ceci pendant un bref laps de temps ou durant 10 coups de pulsilogium. Le lendemain, nous pouvons vérifier si l'eau, dans les mêmes conditions et durant le même laps de temps, s'abaisse de la même quantité. Nous pouvons en déduire que l'état du malade s'est amélioré ou a empiré. Ces différences, si elles sont petites ne peuvent en aucun cas être décelées par les médecins sans instruments. »²⁵

Plusieurs remarques concernant les instruments et la méthode employés sont à faire : Les premiers appareils de Santorio n'avaient pas d'échelle attachée au tube ; il fallait se servir d'un compas pour déterminer les degrés du froid et du chaud. Entre 1612 et 1630 Santorio a utilisé pour la première fois l'échelle thermométrique comportant deux points fixes de repère,

²⁴ Histoire de la pensée médicale, op. cit., tome 2 page 70

²⁵Santorio, Commentaires du Canon d'Avicenne, publiés en 1625, col. 22-23. Tiré de La première révolution biologique, op. cit., p 80.

la température de la neige et celle de la flamme de bougie—la graduation devait être uniforme et la subdivision décimale.

De nos jours le terme température signifie niveau thermique, alors qu'autrefois il désignait la proportion entre les composantes opposées des deux paires de qualités fondamentales : le chaud et le froid, l'humide et le sec. Ainsi, au temps de Santorio, ce qu'on appelait température d'un corps était à la fois son degré de chaleur et son degré d'humidité. Il construisit alors un hygromètre, pour connaître le degré d'humidité. Grâce au « thermomètre », Santorio abolit l'ancienne croyance que l'organisme humain est plus froid la nuit que le jour.

Le pulsilogium de Santorio :

Comme vu ci-dessus, Galilée a utilisé son propre pouls pour mesurer les intervalles de temps relativement brefs. Santorio, s'inspirant du procédé du physicien appliqua la méthode de Galilée en sens inverse et inventa le pulsilogium. Le pulsilogium de Santorio était une sorte de chronomètre à mouvement pendulaire qui devait servir tout d'abord à observer « *avec certitude mathématique* » (comme s'en vante l'inventeur) la fréquence et les variations du rythme du pouls. Santorio a décrit l'usage et l'importance du pulsilogium dès 1602 dans son ouvrage *Methodi vitandorum errorum omnium*, mais c'est dans son commentaire au Canon d'Avicenne en 1625 qu'il expliqua la construction de son appareil.

Borelli (1608-1679) et le début du mécanisme :

Si le corps n'est qu'une machine perfectionnée, on devrait pouvoir le traiter en partant de principes et de méthodes physiques. Il appartenait donc à la science médicale de recourir aux mêmes expériences et aux mêmes mesures que celles employées par les sciences physiques. Les mécanistes ont approfondi les connaissances sur des détails concrets du fonctionnement du corps humain. Mais les phénomènes physiologiques complexes n'ont pu être imités que superficiellement et partiellement.

Pendant la deuxième moitié du siècle, l'*Accademia del Cimento* (l'académie de médecine d'Italie) s'est inspirée de la méthodologie Galiléenne. Borelli Giovanni Alfonso, médecin et physiologiste italien a étudié les mathématiques à Rome. Il applique à la physiologie les règles strictes de la mécanique. Il est au XVII^{ème} siècle l'un des principaux représentants de la iatrophysique.

Dans son *De motus animalium*, rédigé vers 1660, mais publié tardivement en 1680-1681 après trente années d'études, il calcule chez l'animal la force déployée par les muscles pour mouvoir les membres. Les calculs démontrent qu'il existe des rapports étroits entre la force musculaire et le déplacement d'un poids. L'homme ne sera jamais capable de voler. Les chiffres le montrent.

Borelli s'est aussi penché sur le travail musculaire du cœur. Pour lui, la masse musculaire du cœur est environ égale à celle des deux muscles de la mâchoire inférieure réunis. Il a conclu, après de nombreux calculs, que la force exercée par le cœur est de l'ordre de cent huit livres. Borelli veut obtenir par les moyens mathématiques la solution de problèmes physiologiques beaucoup plus complexes, les erreurs sont alors inévitables. Mais il n'a pas été le seul à essayer de mesurer cette force. J. Keill qui « *utilise avec beaucoup de confiance la géométrie dans le domaine de la physiologie* (en disciple zélé de Newton). *Il fut notamment le premier à utiliser les logarithmes pour abrégé les calculs* »²⁶. Il a tenté de calculer la force de

²⁶ d'après Haller, art. *Physiologie*, *Encyclopédie*, Supplément IV (1777).

contraction du cœur, l'estimant à une livre. Haller, lui même l'a évaluée à cinquante cinq livres.

Pour les iatrophysiciens, les maladies étaient dues à l'état de tension des fibres, aux troubles de la circulation et aux défauts mécaniques semblables de la machine vivante. L'explication mécaniste de la fièvre était fondée sur l'hypothèse selon laquelle la chaleur animale serait le résultat de la friction entre le sang et les parois des vaisseaux. Cette conception simpliste et imaginaire de la pathologie, n'a pas empêché Borelli de mesurer, à l'aide d'un thermomètre, la température du cœur d'un cerf. En la comparant avec celle d'autres organes internes, il a mis fin à la théorie suivant laquelle le cœur est la source de la chaleur animale. Ainsi, une seule expérience quantitative a suffi pour anéantir une théorie acceptée unanimement pendant deux mille ans. Cette remarque de Borelli a été confirmée ensuite par Malpighi grâce à l'utilisation du thermomètre de Santorio²⁷.

Les mesures de Borellichez l'homme concernent la spirométrie ; il a mesuré pour la première fois la quantité d'air inspiré par lui-même en une inspiration, et a observé la permanence dans les poumons d'un résidu d'air. Ses travaux ont été publiés en 1680²⁸.

A partir de Borelli la iatrophysique se développa en Italie avec L. Bellini (1643-1704), M. Malpighi (1628-1704) puis Baglivi (1668-1707). En Angleterre J. Keill (1673-1719) a suivi l'exemple de Borelli²⁹.

Ce n'est qu'au XVIIIème siècle que l'on commença à considérer l'investigation chimique des processus vitaux comme une composante de l'approche matérialiste et les explications biochimiques comme un complément utile des explications mécaniques. Hermann Boerhaave (1668-1738), professeur à Leyde, a été (avec par exemple Baglivi) l'un des premiers à tenter une synthèse de grande envergure entre les interprétations physiques et les processus physiologiques. Pour Boerhaave :

« Ce qui est purement corporel dans l'homme ne nous offre que des principes tirés des mécaniques et des expériences de physique [...]. Il ne nous faut adopter que tout ce que l'expérience pure et simple a véritablement démontré en anatomie, en chimie, en mécanique, et en physique »³⁰.

Selon lui la chimie est nécessaire pour la préparation des médicaments et pour l'analyse des fluides, mais c'est la mécanique qui fournit la vraie base pour comprendre le corps humain. Ainsi Boerhaave, s'est intéressé à la dynamique de la circulation sanguine, ce qui lui fit dire qu'une stagnation du sang dans les vaisseaux peut entraîner une inflammation et que l'obstruction des plus petites artères peut être une des causes principales de maladie.

En 1696, G. Baglivi a précisé et a défini ainsi cette nouvelle approche mécanique:

« Notre siècle a vu naître et grandir la philosophie naturelle et expérimentale ; celle-ci étant à son tour devenue la base et l'appui de la théorie médicale, il n'est personne aujourd'hui qui puisse révoquer en doute la clarté, la force nouvelle que cette heureuse union fait rejaillir sur la médecine pratique. Les

²⁷ Histoire de la pensée médicale en occident, tome 2, p 30

²⁸ Histoire de la pensée médicale en médecine, op. cit., pp 86, 87.

²⁹ La première révolution biologique en médecine, op. cit., p 135.

³⁰ Boerhaave, 1708 traduction de J.O. La Mettrie(1740), tome 1. Rapporté dans Histoire de la pensée, tome 2, op. cit., p 63.

médecins se mirent donc enfin à examiner la structure du corps et les phénomènes de l'organisme, en appliquant à cette examen les principes de la géométrie mécanique, les expériences physico-mécaniques et celles de la chimie. A peine furent-ils entrés dans cette voie salutaire qu'ils se trouvèrent tout à coup en face d'une foule de choses inconnues aux siècles passés, et l'on put, reconnaître alors que le corps humain, considéré sous le point de vue des actes physiques, n'était au fond qu'un ensemble de mouvements empruntés à la mécanique ou à la chimie, quoi que déterminés par des lois d'un ordre purement mathématique³¹ ».

L'anatomie a été la géométrie indispensable des sciences biologiques, une sorte de système de relations statiques ; les conceptions mécaniques lui ont insufflé la vie pour donner naissance à la physiologie. A partir de ce moment, le principe de l'iatrophysique, à savoir l'application de notions physiques et mécaniques, s'est intégré définitivement dans la physiologie. Mais les difficultés inhérentes à ces problèmes échappaient à la compréhension des observateurs. M. Grmek relativise ainsi l'application des mathématiques à l'homme des iatrophysiciens :

*« La prétention qu'avaient les iatrophysiciens de résoudre tous les problèmes biologiques par des méthodes quantitatives dépassait leurs moyens. Une analyse quantitative doit être précédée d'une analyse qualitative approfondie qui donne la possibilité d'émettre des hypothèses utiles à la démarche expérimentale ».*³²

En effet : le métabolisme complexe du corps humain encore quasiment inconnu, l'imprécision des instruments de mesures, la naïveté de rapporter le corps humain à un simple problème de mécanique firent que les résultats de la mesure quantitative appliquée à l'homme par les iatrophysiciens furent souvent inexacts. Mais les raisons des échecs de l'application de la mesure quantitative en médecine au cours de ces deux siècles seront précisées par un chapitre consacré à ce thème.

Lavoisier (1743-1794) :

Une des gloires impérissables d'Antoine Laurent Lavoisier est d'avoir établi le processus chimique qui constitue l'essentiel de la fonction respiratoire.

Au cours de ses expériences, il a démontré que l'air est composé d'azote et d'oxygène. Pour lui, la respiration est un processus chimique caractérisé par la consommation d'oxygène, l'air déphlogistiqué de Priestley et le rejet de gaz carbonique, l'air fixe de Black : le sang s'en décharge « dont la surabondance serait très nuisible³³ ».

³¹ Baglivi G., *De praxi medica ad priscam observandi rationem revocanda*, Rome, 1696. livre 1, chap 11, §6-7, pp 241-242; trad. fr. : J. Boucher, Paris, 1851. Tiré de *Histoire de la pensée médicale en occident*, tome 2, p 64.

³² M. Grmek. *La première révolution biologique...*, op. cit., p 88.

³³ Lavoisier, *Mémoire sur la respiration des animaux*, présenté en 1777 à l'Académie des sciences de Paris, cité dans *Histoire de la pensée médicale en occident*, tome 2, p 112.

Dans un mémoire rédigé en collaboration avec le mathématicien Pierre Simon de Laplace en 1784³⁴, Lavoisier soutient que la respiration est une combustion très lente, semblable à la combustion du charbon, et que la chaleur (ou « calorique » qu'il considère comme un élément chimique) développée au cours de cette combustion, est communiquée au sang dans les poumons et de là, distribuée à tout le corps animal. Il attribue donc à la respiration la principale fonction de la conservation de la chaleur animale. Il revient sur ce sujet en 1785, ayant remarqué que la quantité d'oxygène inspiré est supérieure à la quantité de gaz carbonique expiré. Pour expliquer cette consommation d'oxygène dans l'organisme, Lavoisier envisage deux hypothèses : l'oxygène se combine dans les poumons soit avec le sang, soit avec l'hydrogène, formant dans le second cas de l'eau. Quoi qu'il en soit, la respiration est pour Lavoisier un processus exclusivement pulmonaire.

Dans un même laps de temps, des cobayes consomment toujours la même quantité d'oxygène, qu'ils respirent indifféremment dans l'air atmosphérique ou dans l'oxygène. Mais cela n'est vrai que s'ils restent immobiles car la consommation d'oxygène s'élève considérablement lorsque les animaux bougent de façon ininterrompue. De plus, les variations de consommation d'oxygène sont liées à la fonction nutritionnelle, correspondant à la quantité d'hydrogène et de carbone fournie au sang par la nutrition.

Cela est-il encore vrai pour les humains ? Seguin s'est proposé comme cobaye expérimental : Il mit un masque à gaz et respira de l'oxygène. La consommation horaire d'air vital³⁵ a été mesurée, selon la température de la pièce, en post-prandial, entre deux repas, après l'effort. Une comparaison des résultats a été effectuée. Lavoisier a contrôlé lors de toutes les expérimentations la fréquence du pouls, la température du corps et le rythme respiratoire. Les battements s'accéléraient alors que la température demeurait à peu près constante. Voici les lois « *de la plus haute importance* », qu'ils ont alors annoncées :

« L'augmentation du nombre des pulsations est assez exactement en raison directe de la somme des poids élevés à une hauteur déterminée, pourvu toutefois que le sujet ne porte pas ses efforts jusqu'à la souffrance et ne sorte pas de son état naturel ».

« La quantité d'air vital consommé est – toutes choses égales d'ailleurs, lorsque la personne ne respire qu'aussi souvent que le besoin l'exige- en raison composée des inspirations et des pulsations, c'est-à-dire en raison directe du produit des inspirations par les pulsations ».

Lavoisier et Seguin ont publié en 1789 les résultats précédemment obtenus et les interprétations qu'ils en ont préalablement tirées (1777, 1780, 1785) :

« Dans la respiration comme dans la combustion, c'est l'air de l'atmosphère qui fournit l'oxygène et la chaleur mais, comme dans la respiration, c'est la substance même de l'animal, c'est le sang qui fournit le combustible. Si les animaux ne reprenaient pas habituellement par les aliments ce qu'ils perdent

³⁴Lavoisier et Laplace, *Mémoire sur la chaleur*, Histoire de l'Académie Royale des sciences, 1784, pp 355-408.

³⁵ Pour Lavoisier l'air vital est l'oxygène.

*par la respiration, l'huile manquerait bientôt à la lampe et l'animal périrait comme une lampe s'éteint lorsqu'elle manque de nourriture*³⁶ ».

Ils n'ont pas trouvé de réponse satisfaisante à la question de savoir où le gaz carbonique est formé : dans les poumons, totalement ou en partie, ou alors dans le sang pendant la digestion ?

En 1790, parue une étude finale sur la transpiration. Avec la respiration et la digestion, la transpiration est le « *troisième agent régulateur principal* » qui a pour but d'augmenter ou de diminuer suivant qu'il est nécessaire d'emporter plus ou moins de calories. On doit distinguer « *une transpiration pulmonaire* » au cours de laquelle l'eau disparaît dans l'air et une « *transpiration cutanée* ». Dans la peau, l'eau et la chaleur se rencontrent, l'eau s'évapore et cela rafraîchit le corps. Moins de transpiration cutanée, moins de rafraîchissement et inversement³⁷.

Pour Lavoisier, l'intensité de ces trois agents varie dans des bornes au-delà desquelles les compensations mutuelles ne peuvent avoir lieu sans dommages et « *c'est alors que commence l'état de malade* ». ³⁸

Lavoisier a voulu trouver les lois de physiologies telles que les physiciens ont conçu les lois physiques. Par sa recherche de lois physico-chimiques de l'organisme humain, grâce à l'application des mathématiques donc des mesures quantitatives, il s'est démarqué de la théorie des anciens. Il est frappant que Lavoisier se soit associé, pour certains travaux, avec Laplace, astronome et mathématiciens, habitué au calcul. Il est à noter que le principe général de Lavoisier est exact, mais qu'ensuite les progrès effectués en chimie biologique ont abouti à des notions de cycles métaboliques plus complexes.

Les sceptiques :

Si à cette période, l'expérimentation a été facteur de progrès pour la pensée médicale, elle a été également l'objet de rejet de la quasi-totalité du corps médical.

Nous devons à Morgagni, représentant des Lumières en Italie, admis à l'*Academia degli Inquieti* de Bologne en 1699, mort en 1774, d'avoir essayé avant les médecins anatomo-pathologistes du début du XIX^{ème} siècle, de mettre en rapport les données cliniques et anatomiques. Mais ses interprétations physiopathologiques ont été nettement spéculatives et suivaient le schéma d'une pathologie humorale fondée sur le modèle de la circulation du sang. Morgagni n'a-t-il pas écrit : « *Neque enim numerandae sunt observationes sed perpendendae* » (les observations ne doivent pas être comptées mais examinées avec soins). Buffon (1707-1788) dans la préface de son Histoire naturelle a exclu le calcul et la mesure de la science du vivant. Nous allons voir qu'ils ne furent pas les seuls à considérer la mesure comme impropre à l'étude du corps humain et inutile à la clinique.

Le doute de A. von Haller (1708-1777) :

³⁶ Lavoisier et Seguin, *Premier mémoire sur la respiration des animaux, Histoire de l'Académie des sciences*, paru en deux parties, en 1789 : pp 566-585 et en 1790 : pp 601-613.

³⁷ Wit, op. cit., tome 2, p 36-37.

³⁸D'après J. Richard, *Expérience, observation et expérimentation en médecin au XVIII^{ème} siècle*, thèse de science, Nantes, 1999, p 171.

Albrecht von Haller, suisse de langue allemande était écrivain, médecin, botaniste et chirurgien. Pour lui d'un côté le phénomène physiologique est observable et expérimentable par son caractère physique³⁹, d'un autre les lois qui régissent les phénomènes vitaux sont difficiles à discerner :

« Dans l'animal, de nombreuses machines sont tout à fait étrangères aux lois mécaniques communes ; de petites causes provoquent de grands mouvements ; la vitesse des humeurs est peu diminuée par des causes qui, suivant les lois reçues, devraient la rompre ; des mouvements s'insinuent par des causes profondément inconnues ; des fibres débiles produisent des mouvements violents, des raccourcissements de fibres se produisent, dépassant tout calcul »⁴⁰.

Il mit en doute l'intérêt de l'application des mesures numériques en médecine.

Haller, écrit J. Neubauer, « professe une méthodologie radicalement empiriste qui part des faits et n'autorise la théorie que si les observations ont été faites dans un état d'esprit parfaitement neutre ».⁴¹

Les circonstances variant d'un individu à l'autre, les facteurs étrangers pouvant s'immiscer dans les expériences, la vérité dans les sciences de la nature n'est établie que par le résultat constant d'essais réitérés autant de fois qu'il est nécessaire. La voie expérimentale doit faire appel à tous les moyens (observation anatomique, anatomie comparée, vivisection, observation microscopique). Il imagine, pour contourner le problème de cette variabilité du phénomène vivant des expériences minutieuses et audacieuses (comme le fait également Spallanzani en Italie et comme le fera ultérieurement X. Bichat en France)⁴².

Sénac (1693-1770) :

Pour Jean-Baptiste Sénac premier médecin de Louis XV, l'utilisation du calcul sembla difficile, voire inutile en médecine: pour le médecin, le corps est assurément le vrai livre de la nature, encore faut-il savoir le lire ! Pour cette lecture l'esprit géométrique est sans doute utile, encore faut-il ne pas en abuser ! « la manie de calculer, a ironisé Sénac, est devenue une maladie épidémique » : on a calculé la quantité de sang, le nombre des vaisseaux capillaires, la force du cœur, l'écoulement de la bile, le jet de l'urine et « on a poussé l'extravagance si loin qu'on a fixé les doses des remèdes par les données d'une courbe dont les divers segments représentent le cours de la vie humaine » (voir la doctrine de Brown). Or il ne suffit pas de savoir calculer, il faut savoir si « ce qu'on calcule est susceptible de calculs » ; et parmi les sciences physiques, la médecine est celle qui souffre le moins l'application de la géométrie. Le vice principal tient dans la simplification de ce qui est complexe. Sénac a cité à ce propos l'avis de D'Alembert sur le mécanisme du corps humain : « Quand chacune (des parties qui le composent) serait connue, la grande multitude d'éléments qui entrerait dans une pareille

³⁹ Haller a réalisé certaines mesures, comme celle de la force du cœur.

⁴⁰ Haller, dans *Elementa physiologiae corporis humanis*, 8 vol, 1757-1766, cité par J. Richard, op. cit., note n 34 p 446, voir également p 441.

⁴¹ J. Neubauer, *La philosophie de la physiologie d'Albrecht von Haller*, art Revue de Synthèse, n 113-114. Cité par J. Richard, op. cit., p 405.

⁴² d'après Grmek, *Le chaudron de Médée*, op. cit., pp 23-24.

théorie nous conduirait vraisemblablement à des calculs impraticables »⁴³. Il ne suffit donc pas de savoir calculer, encore faut-il déterminer ce que l'on veut mesurer ; et manifestement il est surprenant que « *les uns élèvent la force du cœur jusqu'à la force d'un poids de trois millions de livres, qu'un autre la réduit à la force d'un poids de huit onces !* » : de tels écarts s'expliquent par ce que la force du cœur n'a pas été précisément définie par un commun accord, entre les savants. « *Suivant M. d'Alembert, dans son admirable ouvrage sur l'Hydrodynamique, le mécanisme du corps humain se refuse à la théorie* »⁴⁴.

Sims :

J. Sims, éminent médecin anglais a prononcé, le 28 janvier 1774 devant la Société Médicale de Londres, un discours sur la meilleure méthode de poursuivre les recherches en médecine⁴⁵. Il s'est opposé à toutes théories explicatives du corps humain (mécaniste ou vitaliste) : le médecin empirique⁴⁶ ne doit considérer que les « *causes évidentes pour autant qu'elles indiquent le genre de maladie* », les médecins perdent leurs temps à découvrir les causes cachées de la fièvre. Les théories sont abandonnées au philosophe qui « *fait sonner si haut ces mots d'irritabilité, sensibilité, spasme, stimulus, collapsus – dont il n'a pas la moindre idée. On se gargarise de ces mots qui cachent une ignorance bien réelle* ». « *Expliquer l'oeconomie animale à l'aide de calculs algébriques* » est absurde et contradictoire⁴⁷.

Les vitalistes :

Le vitalisme a pris naissance des constats de crise du modèle mécaniste et par opposition à l'animisme de Stahl⁴⁸. Il a refusé le dualisme exacerbé de Descartes entre le corps machine et l'âme.

Les vitalistes se sont désignés comme tous ceux « *qui ne rapportent les phénomènes de la vie ni à la matière ni à l'âme, mais à un principe intermédiaire (principe vital) qui possède des facultés différentes soit de l'une, soit de l'autre* ».⁴⁹ Cette conception qui a insisté sur la spécificité du vivant est née au cours du XVIIIème siècle avec des médecins influents comme Théophile Bordeu, Paul Joseph Barthez (1734-1806), tous deux de Montpellier, ou Louis de la Caze, médecin du duc d'Orléans installé à Paris.

Les vitalistes ont trouvé une caution à leur conception du phénomène vivant chez Newton. Le postulat de la force d'attraction terrestre a été nécessaire pour arriver à la loi de la gravitation.

⁴³ Sénac, *Traité de la structure du cœur, de son action et de ses maladies* (Paris, Briasson, 1749, 2 vol) d'après J Richard, op. cit, pp 467 à 472.

⁴⁴ Sénac, *ibid.*, préface. D'après J. Richard, *ibid.*

⁴⁵ trad. française par Chambeau, Avignon en 1778.

⁴⁶ Pour les empiristes les recherches devaient se limiter à l'observation des faits qui finiraient par parler pour eux. Ils en appelaient à Hippocrate, à Sydenham et à Bacon (bien que Bacon dans son *Novum Organum* ait critiqué autant les empiriques que les dogmatiques).

⁴⁷ Richard J., op. cit., pp 274-275.

⁴⁸ Georg Ernest Stahl a une théorie médicale qui s'oppose aux théories physiques et chimiques de la fin du XVII siècle – il est animiste c'est à dire que pour lui l'âme raisonnable est sensitive et maintient activement en vie le corps, substance passive.

⁴⁹ Charles Louis Dumas cité dans *Histoire de la pensée...*, op. cit., tome 2, p 118.

Newton suggère dans son ouvrage *Optique* d'étendre ce postulat à d'autres forces théoriques. Pour eux, la force vitale est le pendant de la force d'attraction newtonienne. Le principe vital, nécessaire pour expliquer les phénomènes du vivant a été conforme à la première des « règles pour bien philosopher » que Newton a annoncé dans ses *Principia*.

Pour eux la médecine est un art et ne peut prétendre accéder au statut de science. Elle ne peut être traitée qu'au cas par cas. Dans l'art médical, aucune méthode ne convient mieux que celle de l'observation et de l'expérience (*experimenta*) raisonnées. Les vitalistes se sont insurgés contre la géométrie et la chimie du corps humain.

Autant il est censé pour un physiologiste d'expérimenter chez l'animal, autant pour un médecin il est naturel d'observer cliniquement les choses. Il y aurait des domaines inaccessibles à l'expérimentateur et d'autres réservés à la seule sagacité du praticien observateur. Cette séparation, entre la physiologie et la clinique, peut être illustrée par Théophile Bordeu dans ses *Recherches sur le pouls* de 1754 où encore par l'article *Crise* de l'Encyclopédie également publié la même année. Il y a là, un domaine réservé où seul l'art de bien observer peut conduire le médecin. J. J. Menuret de Chambaud, à l'article *Pouls* de 1765, a encensé Th. Bordeu :

« La doctrine de Bordeu fait revivre les droits de la nature, rappelle la vraie médecine d'observation, appuyée sur les crises et pratiquée avec tant d'éclat par le grand Hippocrate ».

Egalement au même article il a indiqué au sujet des causes du pouls qu'il est plus que temps d'abandonner le schéma boerrhaviste du corps humain.

Mais Bordeu a également écrit :

« La fréquence du pouls peut être mesurée exactement. Le nombre de pulsations s'estime par le temps qu'on peut mesurer en tâtant le pouls : on voit exactement combien de fois un pouls bat pendant une minute, pendant un quart d'heure, au moyen d'une montre ou d'une sorte de pendule [...] Chaque sujet pourrait, dans un besoin, avoir son pendule à pouls, (et) apprendre au médecin combien de fois son pouls bat ordinairement dans une minute⁵⁰ ».

Cependant, il n'en voit pas l'intérêt. Pour lui ne comptent que les qualités du pouls, il néglige son étiologie. La prise du pouls servant à prédire les crises est une notion hippocratique, ou seule la sensibilité du médecin est apte à percevoir les variations des qualités.

Bordeu a contesté également l'analyse chimique du sang dans le tome 1 de ses *Recherches sur les maladies chroniques*. Pour Bordeu la théorie chimique a fini par produire des « hypothèse monstrueuses », aussi gratuites que celles de la médecine spéculative ; seules les prétentions des chimistes sur la digestion sont recevables, a-t-il concédé. Par contre il est douteux que l'examen des humeurs mortes puisse donner « la clé des phénomènes de la vie animale et sensible » ; à la rigueur on peut en espérer quelques renseignements utiles à la physiologie. Puis, Bordeu a dénoncé la fausseté foncière de la démarche des chimistes : ce n'est pas en analysant le sang comme un corps composé de parties physiquement sensibles que le médecin reconnaîtra l'état du malade.

⁵⁰ Recherche sur le pouls par rapport aux crises, 2 volumes, Paris, 1756 ; deuxième édition 1768, *Histoire de la pensée médicale en occident*, tome 2, p 71.

En réalité, « la masse du sang est le résultat de l'assemblage d'une quantité de petits corps, lesquels doivent être mis au nombre des premiers instruments de la vie, en ce qu'ils sont à portée de réveiller les diverses nuances de la sensibilité vitale. En un mot ils rendent le sang propre à toutes les fonctions auxquelles il est destiné ».⁵¹

Ainsi les vitalistes trouvent inutile toute quantification appliquée à la médecine. Ils suivent la tradition hippocratique de description des qualités sans recours numérique. Ils considèrent comme évidente la séparation entre la clinique hippocratique et l'anatomo-physiologie, à laquelle on peut, selon eux, à la rigueur appliquer la quantification.

D'Alembert et Diderot :

D'éminents médecins, écrivains de certains articles de l'*Encyclopédie*, tels que Bordeu et Menuret de Chambaud se sont prononcés contre la mesure chez l'homme.

Mais d'Alembert lui-même à l'article *Degré* de l'*Encyclopédie* a dévoilé son hippocratisme :

« On ne peut pas dire, par exemple, en comparant deux sensations ou deux affections entre elles, que l'une est plus grande que l'autre d'un certain nombre de degrés, en effet on ne peut jamais dire qu'une sensation soit double, triple, moitié, etc., d'une autre ; on sent seulement qu'elle est plus ou moins vive... Cela suffira à faire sentir le ridicule des degrés d'être que l'auteur imagine dans notre âme ». Pour d'Alembert la médecine devrait s'en tenir à l'histoire du corps, de ses maladies et de ses remèdes. Toutes les sciences iront toujours en se perfectionnant si elles restent « renfermées dans les faits autant qu'il est possible et dans les conséquences qu'on en peut déduire »⁵².

Il est surprenant que d'Alembert, mathématicien, nommé à 28 ans à l'*Académie des Sciences* n'ait pas cherché à défendre la quantification des données en médecine.

Dans son *Eléments de physiologie*, Diderot a abordé le problème de la mesure des phénomènes en médecine en se contentant de reproduire quelques-unes de ces mesures établies par les physiologistes de l'époque. Il en est ainsi de la vitesse du fluide nerveux (Marat), la capacité du ventricule gauche du cœur (Whytt), la puissance de la poussée du cœur (Sénac), le poids de l'air inspiré ou expiré (Whytt), etc... Mais ces mesures varient d'un savant à l'autre. Or aucune de ces données quantitatives n'a donné lieu à quelques remarques critiques. Le philosophe a pourtant développé, dans divers ouvrages, une réflexion singulière sur la mesure appliquée à la nature en générale et à l'homme en particulier :

⁵¹Ouvrage des frères Bordeu contenant la théorie générale des maladies et l'analyse médicale du sang, J. de M., t. 44, Juillet 1775. tiré de J. Richard, thèse, pp 216-217.

⁵² Discours préliminaire de d'Alembert, d'après thèse de Richard, op. cit., p 50.

Diderot a rédigé l'article *Chaise de Sanctorius*⁵³ de l'*Encyclopédie* en 1753. Pour Diderot, la philosophie naturelle aurait tort de vouloir tout géométriser, donc mesurer ; dans ce dessein, elle perdrait la connaissance sensible des phénomènes. Du reste, la mesure a ses limites et Sanctorius ne pouvait qu'échouer (en partie) dans son entreprise à quantifier les profits et les pertes de son organisme soumis aux lois animales de l'ingestion, la digestion et l'excrétion.

Diderot a écrit : « *il existe trop de quantités variables dont il n'est guère possible d'apprécier le rapport avec la quantité nécessaire des aliments, comme la température de l'air, les exercices, la disposition de l'animal et une infinité d'autre causes étant autant de quantités variables dont il n'est pas guère possible d'apprécier le rapport avec la qualité* ».

Les essais de l'application a la clinique de la mesure quantitative :

« *Tous les progrès dans les sciences naturelles et dans la technique sont étroitement liés aux progrès de la métrologie*⁵⁴ ».

En médecine, la quantification se faisait de façon courante pour le comptage des médicaments, la périodicité des fièvres et le pronostic, chiffrés en nombre de jours. Le principal indicateur temporel était sans doute l'alternance entre le jour et la nuit. La suite des jours était importante pour déterminer l'apparition et la fin des crises. L'exemple de Théophile de Bordeu a montré que ce paramètre, repris de la médecine antique, continue au XVIIIème siècle à guider le médecin dans ses pronostics. Le cycle des phases de lune était à la base des calculs pour les cycles menstruels (28 jours) et la durée de la grossesse (270-280 jours)⁵⁵.

Au XVIIIème siècle, les appareils de mesures sont souvent compliqués, multiples et infidèles. Cependant ils vont s'améliorer au cours de ce siècle. Une remarque de Haller montre l'importance de cette vue externaliste de l'évolution du savoir :

« *des télescopes plus commodes, des lentilles de verres plus sphériques, des appareils de mesure aux divisions plus précises, les seringues et les scalpels ont contribué à étendre le domaine de la science plus que l'esprit créateur de Descartes, plus qu'Aristote le père de la classification ou plus que l'érudit Gassendi* ».⁵⁶

⁵³ Sanctorius nom latin de Santorio.

⁵⁴ H. Toller, *Forschung und Lehre auf dem Gebiet der Metrologie*, Bad Godesberg, 1964. cité dans *Histoire de la pensée médicale en occident*, op. cit. tome 2, p 67.

⁵⁵ *Histoire de la pensée médicale en occident*, ibid., p 70.

⁵⁶ : Haller dans la préface à Buffon, *Allgemeine Historie des Natur*. cité par Neubauer, *la philosophie de la physiologie, d'Albrecht Von Haller*.

L'application de la mesure quantitative à la clinique ne s'imposait pas encore, pourtant quelques essais ont été tentés.

La chronométrie et le pouls :

Santorio a manifesté un certain intérêt à observer avec certitude mathématique la fréquence et les variations du pouls (avec son pulsilogium).

Grâce à son horloge à pendule (*hologium oscillatorium sive de motu pendulorum*, 1673) et à son balancier avec ressort en spirale (1675), Huygens a pu réaliser techniquement la mesure exacte du temps. Lorsque le balancier à ressort en spirale fut inséré dans la montre à gousset (environ 1690), celle-ci fut pourvue d'aiguilles indiquant les minutes. Sir John. Floyer (1649-1707), perfectionna les montres à gousset. Selon Ozanam, il aurait parlé de l'importance du nombre des pulsations et de leurs variétés dans les maladies.⁵⁷ « *Il étudia le chiffre des pulsations suivant les âges, les tempéraments, les affections morbides...* ». Hyacinthe Bertin, médecin militaire, envoyé en 1799 par le gouvernement français en Angleterre pour une mission, accompagne un confrère britannique chez un malade. Il le voit prendre le pouls, tirer sa montre de son gousset et compter les pulsations. Surpris, il pense que cette méthode « *est un peu charlatanesque et faite pour impressionner le client [...] surtout lorsque la montre est en or* ». ⁵⁸ Cette anecdote montre que les Britanniques étaient en avance sur les Français dans la voie de la quantification appliquée à la clinique.

De nombreuses études vont être publiées sur le pouls, depuis Vieussens (Montpellier –1641) jusqu'à Bordeu. Mais elles ne présentent, suivant les préceptes d'Hippocrate, que des observations qualitatives du pouls.

La température et le thermomètre :

Santorio fut le premier à utiliser le thermoscope pour mesurer la température du corps humain. Nous devons aussi à Santorio la première tentative de graduation de son instrument. Nous avons vu plus haut comment Borelli a démenti la théorie classique de la chaleur innée du cœur. S. Hales (1677-1761) vicaire de Teddington en Angleterre, naturaliste, a mesuré chez l'animal la déperdition de chaleur au cours de la respiration et a établi, chez l'homme, la différence de température entre la peau, la bouche et l'urine. Un peu plus tard, Boerhaave aurait recommandé la thermométrie systématique⁵⁹.

Martine rappela que les premiers thermomètres étaient construits avec beaucoup d'imprécision⁶⁰. « *Ceux mêmes de Florence dont le plus haut degré était suivant la plus grande chaleur du soleil en cette contrée, se trouvaient par trop vagues et indéterminés.* »

⁵⁷ Tiré de Ozanam, *La circulation et le pouls, histoire, physiologie, sémiologie, indications thérapeutique*, Librairie Baillière, Paris, 1886, p 106 : J. Floyer, *the physicians pulsewatch to explain the art of feeling the pulse and to impose it by pulsewatch* –Londres – 1707.

⁵⁸ Bertin René Hyacinthe : *quelques observations critiques, philosophiques et médicales sur l'Angleterre*, 1801. Tiré de *Les mémoires du Dr Bertin et des chirurgiens navigants sur les pontons d'Angleterre* ; thèse de médecine de A. André épouse Peyron, Nantes 1979.

⁵⁹ M. Grmek, *La première révolution biologique*, page 86.

⁶⁰ Martine, *dissertation sur la chaleur avec les observations nouvelles sur la construction et la comparaison des thermomètres*, trad., Paris, 1751, p 6. Cité par Bachelard, op. cit., p 217.

Du temps de Boyle, remarqua Martine, « *les thermomètres étaient si variables et si indéterminés qu'il paraissait moralement impossible d'établir par leur moyen une mesure de la chaleur et du froid comme nous en avons du temps, de la distance, du poids, etc.* »

En 1655 Christian Huygens propose d'établir comme points fixes du thermomètre le point de fusion de la glace et le point d'évaporation de l'eau. Boullian, en 1689 a l'idée d'introduire le mercure dans le tube de verre⁶¹. En 1714, Fahrenheit adopte cette idée pour son thermomètre à mercure (avec une échelle de 96°). En reprenant les points de repère de Huygens, René Ferchault de Réaumur crée en 1730 son thermomètre à alcool (avec 80 divisions). Ensuite vient l'échelle thermométrique d'André Celsius, en 1742, qui propose 100 divisions. Dans l'article de l'*Encyclopédie* sur le *Thermomètre* nous trouvons une variété importante de thermomètres et d'échelles de mesure. A chaque thermomètre on présente son mécanisme et ses nombreux défauts. Il faut croire que, au milieu du XVIIIème siècle, aucune échelle ou type d'instruments à mesurer la température n'était unanimement admis par la communauté scientifique. Comme le fait remarquer G. Bachelard « *cette variété est très caractéristique d'une science d'amateurs. Les instruments d'une cité scientifique constituée comme la nôtre sont presque immédiatement standardisés* »⁶².

Dans la deuxième moitié du XVIIIème siècle réapparaissent, en clinique des études sur la température chez l'homme. John Hunter (1728-1793) a réalisé un thermomètre de forme spéciale destiné à mesurer la température dans les cavités du corps⁶³. Il a étudié l'homéothermie chez l'homme en faisant des expériences sur lui-même, enregistre la température urétrale à différents degrés de profondeur.

Le Dr Jacques Currie (1756-1805), dans son *De humorum in morbis contagiosis assimilatione*, en 1784, a exposé le résultat des effets médicaux produit par l'eau froide employée soit à l'extérieur du corps, soit à l'intérieur, dans les fièvres et dans d'autres maladies avec des observations sur la nature de la fièvre⁶⁴. Il utilisait le thermomètre pour en déterminer l'efficacité⁶⁵.

Mesure de l'étendue et du poids :

L'article *Longueur* de l'*Encyclopédie* mentionne, en indiquant aussi les conversions possibles, depuis l'Antiquité jusqu'au milieu du XVIIIème siècle, une quantité étonnante de mesures. L'*Encyclopédie*, traitant longuement de la théorie de la balance, ne cache pas les inconvénients résultant, dans le commerce, de l'usage de différentes unités de poids. La confusion va régner jusqu'à ce que la France adopte le mètre (Paris, 1800) et le kilogramme, décision à laquelle la plupart des Etats se rallièrent quelques décennies plus tard. On peut formuler l'hypothèse que l'adoption du système métrique a pu faciliter l'utilisation des mesures quantitatives en médecine.

Mesure de la pression atmosphérique :

⁶¹ d'après Shryock, op. cit., p 85.

⁶² Bachelard, op. cit., p 217.

⁶³ *La première révolution biologique*, op. cit., p 86.

⁶⁴ *Encyclopédia Britanica* à Dr Currie J.

⁶⁵ voir thèse de A Peyron, op. cit.

Aux XVII^{ème} et début XVIII^{ème} siècle ont été jetées les bases du développement de l'altimétrie barométrique, mais aussi des recherches sur l'effet que produisent les changements de pression barométrique sur les organismes vivants. La découverte des oscillations barométriques journalières a permis à Leibniz de déceler les liens existant entre le niveau barométrique et le temps atmosphérique. Pour Leibniz, comme Sydenham la mesure des conditions atmosphériques (température, pression, humidité, vent) était très importante pour une médecine à la recherche des influences du climat sur l'organisme humain. Friedrich Hoffmann a réuni des résultats numériques à ce sujet dans son ouvrage *Observationes barometrico-meteorologicae et epidemiae* en 1701, qu'il dédia à Leibniz.

Mesure de la pression artérielle :

S. Hales a fait la première mesure expérimentale, chez l'animal de la pression sanguine veineuse et artérielle, en 1733⁶⁶. Il n'a pas manqué d'observer la grande variation des chiffres tensionnels, et a choisi le terme de « *balancement* » pour décrire le phénomène observé. « *Il ne faut pas croire que le sang jaillit tout à coup à cette hauteur* » a-t-il indiqué après avoir abouché un tuyau de cuivre recourbé à l'artère crurale d'une jument.

« *Il apparaît que quand le niveau eut atteint la plus grande hauteur il y balançait, montant et descendant de 2, 3, 4, pouces et quelques fois on le voyait s'abaisser de 12 ou 14 pouces, y balançant de même à chaque pulsation du cœur.* »

Il a étudié ce phénomène 25 fois de suite sur la même jument et a remarqué d'emblée la variabilité de la pression suivant les mouvements de l'animal, son pouls, sa respiration et son degré d'épuisement ou de frayeur ; l'animal mourut après ces éprouvantes expériences.

La chimie :

A l'aube du XVIII^{ème} siècle, l'alchimie, art mystérieux compris entre la physique pratique et la magie naturelle a été discréditée. Il a existé un authentique besoin pour les scientifiques de découvrir les lois chimiques, par la méthode qualitative et quantitative. L'application des mesures quantitatives à la chimie médicale fut comme nous l'avons vu fortement contestée. Mais quelques efforts précoces sont à souligner.

Dans le *Médical Dictionary* de James, traduit en français en 1746, deux articles concernent l'analyse chimique du sang, faite par Langrish et l'analyse chimique des urines, faite par R. James. La première a mis en rapport les mesures quantitatives des parties du sang (« la sérosité et la partie rouge »), ses qualités sensorielles (goût, couleur et consistance) avec la description hippocratique des symptômes et des crises. Ces expériences faites avec exactitude et minutie étaient plus empiriques que scientifiques, et les critères de validation tenaient de la mise en scène de l'expérience devant ses pairs⁶⁷.

⁶⁶ Rapporté dans son ouvrage *Haemastaticks, ou statique des animaux : expériences hydrauliques faites sur des animaux vivants*, Traduction de Mr. de Sauvages, Genève, 1744. Cité par Nicolas Postel-Viney, *Impressions artérielles, 100 ans d'hypertension, 1896-1996*, éd Maloine/Inothenp, 1996, p 27.

⁶⁷ Thèse de Richard, op. cit., p 104 et suite.

Cependant, l'analyse chimique pouvait alors venir approfondir la connaissance du corps humain. Par la suite de nombreuses analyses chimiques vont être publiées.

Par exemple, la Société Royale de Médecine de Paris met au concours de 1791 la question de « *déterminer par des expériences exactes quelle est la nature des altérations que le sang éprouve dans les maladies inflammatoires, les maladies fébriles putrides et le scorbut* »⁶⁸.

Berthollet analysa l'urine des gouteux. Voici ses conclusions publiées en 1786⁶⁹ :

« En suivant ces observations sur une personnes très sujette à la goutte, j'étais venu à bout de reconnaître sûrement, par la quantité d'acide (phosphorique) qui se trouvait dans son urine, si elle avait un accès de maladie ».

Berthollet a été capable de poser son diagnostic d'après les seuls indices mesurables « extérieurs » au malade, indépendamment des symptômes recueillis à son chevet.

Mais malgré tous ces efforts, le sang ne semble pas quantifiable. La complexité du mélange sanguin a été soulignée par Durade dans son *Traité physiologique et chymique sur la Nutrition* (Paris, 1767) :

« Le sang est différent dans chaque animal, il l'est d'homme à homme ; il l'est dans l'individu à chaque heure du jour et cette disparité perpétuelle vient des accidents de sa couleur ; les autres altérations qu'il peut éprouver, comme lorsqu'il est imprégné de miasmes contagieux ou de virus, sont insensibles à l'observation⁷⁰ ».

Les variations individuelles du mélange sanguin sont le fait d'un changement qualitatif : la variation de la couleur. Ces changements et les facteurs extérieurs éventuels ne permettent pas pour Durade l'observation donc l'expérimentation.

Le chimiste Clarion a exprimé judicieusement son doute quant aux possibilités de la mesure numérique appliquées à la chimie médicale. Il a déclaré dans son Mémoire sur la couleur jaune des ictériques que « *au moins dans l'état actuel de la science* », il est impossible de déterminer par des expériences exactes les quantités respectives de bile et de sang qui se mélangent dans un individu et moins encore la « *variabilité* » du mélange en fonction de telle ou telle circonstance⁷¹.

La comparaison des résultats et la réalisation d'essais réitérés :

Troja, chirurgien italien à Naples (1747-1828) a préconisé d'appliquer la mesure à l'homme de façon comparative et d'étendre la mesure dans les hôpitaux pour découvrir une vérité physiologique. En 1777, dans le supplément à l'*Encyclopédie*, Troja a écrit trois articles : *Suc Moelleux*, *Ténacité des os* et *Tibia* où il pratique des mesures. Les expériences sur la *Ténacité des os* répondent au souci d'enrichir la pratique chirurgicale. Connaître en effet la résistance de la matière osseuse dans les différents os et parties des os, dans les différents âges et sujets, rendrait de grands services dans le traitement de maladies déterminées. A cet effet Troja réalise des expériences sur les animaux. Le rapport y montre de grandes précisions sur les

⁶⁸ j de m, tome 84, septembre 1790. Thèse de J. Richard, *ibid*.

⁶⁹ Précis d'observations sur l'analyse animale comparée à l'analyse végétale, séance publique à l'académie des sciences du 29 décembre 1785, journal de médecine, t 67, avril 1786. J. Richard, *ibid*.

⁷⁰ note 74 p 230 J. Richard, 'ibid'.

⁷¹ j de m, germinal an 3, cité par J. Richard, *ibid*., p 218.

mesures et l'auteur se donne les moyens de comparer les résultats, donc de déduire avec plus de certitude que si l'on se contentait d'un ou deux essais⁷². La fin de l'article s'ouvre sur des perspectives de recherche concertée : de tels essais, on pourrait tirer grand avantage, à condition de les renouveler sur l'homme, les hôpitaux offrant un terrain d'observation qu'on ne devrait pas négliger. Il s'agit pour Troja d'acquérir des connaissances par tous les moyens pour traiter au mieux les maladies et les fractures des os. Pourtant à cette époque, autant pour un médecin il est naturel d'observer cliniquement les choses, autant il est sensé pour un physiologiste d'expérimenter sur l'animal. Il y a des domaines accessibles à l'expérimentateur et d'autres réservés à la sagacité du praticien observateur⁷³.

les causes des echecs de l'application des mathématiques à la médecine au XVIIIème siècle :

L'application des principes physiques au corps humain, sous l'impulsion des physiciens s'est faite souvent de façon simpliste, sans rigueur et sans méthode.

C'est dans un esprit d'amateurisme, préscientifique, que les mesures quantitatives ont été réalisées chez l'homme au cours de ces siècles.

En effet, aucun principe de la méthode en expérimentation, aucune loi fondamentale, telle que le déterminisme physico-chimique de C. Bernard n'ont été préalablement conceptualisés et définis.

Les connaissances de base des phénomènes mesurés sont insuffisantes :

Une remarque de Haller à l'article *Mécanisme* de L'*Encyclopédie*⁷⁴ est juste. En effet, il estimait que les échecs répétés des expériences tiennent moins à la nature de l'hypothèse fondamentale et à sa viabilité qu'à des manquements à la méthode d'investigation : il y a trop de « légèreté » dans l'observation des phénomènes, trop de « hâte » dans les mesures, trop de schématisme dans les mouvements mécaniques. Pour lui « *il faudrait qu'une grande partie de la physiologie et de l'anatomie fine fut constatée, conduite à un degré de perfection qu'elle n'a pas atteint encore* » pour connaître le corps humain. Haller aura la même vision des choses sur la médecine agissante : dans l'état actuel des choses la thérapeutique se satisfait de l'empirisme traditionnel ; quand on discernera les plus infimes ressorts de la machine humaine et leurs dérèglements, alors le médecin sera en mesure « *ou de déterminer le remède qui rétablirait les mouvements dans l'état conforme à la nature, ou du moins démontrer que ce rétablissement est impossible* ».

Comme nous l'avons vu à plusieurs reprises, les connaissances physiologiques du corps humain étaient insuffisantes et simplistes. Quant aux maladies, elles n'étaient pas pour la plupart encore identifiées avec précision, à l'exception de quelques unes comme la variole, la peste, l'épilepsie...Les autres étaient mal définies en raison d'une symptomatologie floue et

⁷² Troja indique par exemple : « *Je cassai le tibia à cinq petits chiens du même âge, et presque tous de la même grandeur...toutes les fractures avaient été faites sur la moitié inférieure du tibia, dont la longueur était de six pouces* ».

⁷³ D'après J. Richard, op. cit, p 78 à 80.

⁷⁴ Publié dans le tome 3 du supplément de l'*Encyclopédie* datant de 1777.

facilement confondues entre elles, malgré les efforts de Syddenham pour les classer et reconnaître leurs spécificités. Les mesures appliquées à l'homme au cours des XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècle ont été faites à partir de ces connaissances approximatives.

Les mesures s'appliquent à des théories artificielles que l'on cherche à renforcer :

Au XVIII^{ème} siècle, aucun système cohérent n'a pu affronter la complexité des problèmes en biologie. N'ayant pas de système explicatif reconnu par l'ensemble de la société médicale, il est devenu indispensable de les systématiser. Diverses théories sont nées alors de l'imagination des médecins ou des scientifiques :

Révillon, médecin à l'Académie de Dijon, a publié *Recherche sur la cause des Affections hypochondriaques de l'un et l'autre sexe* en 1784. Dans ce recueil, par des expériences statiques, il a cru pouvoir établir que la cause des maladies nerveuses (également dénommées affections vaporeuses, hypochondriaques, spasmodiques, hystériques) est la « diminution de l'insensible transpiration » celle-ci a été, selon la théorie mécaniste, nécessaire à l'économie animale parce qu'elle « purifie » la masse du sang. Révillon a écrit dans son journal :

« Lundi 31 mars 1776-hauteur du baromètre 27 lignes 3 pouces, pluie – A huit heures du matin, je pèse 110 livres 10 onces ; ce qui a opéré une diminution de 34 onces pendant la nuit. J'ai eu des sécrétions sensibles de 20 onces reste pour l'insensible transpiration 14 onces : malaise. A midi- baromètre 27/6, variable - je pèse 110 livres 8 onces ; j'ai mangé ou bu à mon petit déjeuner 9,5 onces- dans la matinée de huit heures à midi, j'ai eu 4 onces de sécrétions sensibles ; reste pour l'insensible transpiration 7,5 onces- Plus à mon aise..

A dix heures du soir [...] J'ai eu des sécrétions sensibles 15,5 et reste pour l'insensible transpiration 7,5 : mal à l'aise tout le soir ».

« Les observations sur soi-même » mettent à jour la relation entre digestion et transpiration insensible. L'expérience apprenant que les excès de nourriture (intempérance) engendrent souvent des malaises (vapeurs), le médecin conseillera un régime strict de « 50 onces d'aliments liquides et solides » étalé sur plusieurs jours, dans le but de faire disparaître la « mobilité du genre nerveux ». Ayant des difficultés à « rendre raison de quelques phénomènes », l'auteur trouva un autre paramètre : « l'influence de la matière électrique atmosphérique ».

Ces observations qui relèvent plus de l'empirisme que de la méthode expérimentale, réalisées grâce à des mesures précises sur un homme (en l'occurrence l'auteur) étaient destinées à confirmer une théorie a priori. La finalité de ces pratiques médicales n'était pas tant d'établir des lois que de découvrir des phénomènes nouveaux et curieux. Les médecins faisaient de la philosophie expérimentale à loisir et non pas pour constituer la science⁷⁵.

⁷⁵ Richard J., op. cit., pp 436 à 438.

Les phénomènes que l'on veut mesurer échappent à la métrologie :

Chez Meckel, le « qualitatif s'empare du quantitatif » :

Meckel, dans une des expériences relatées à L'Académie Royale de Prusse en 1764, a expliqué comment il a observé l'altération de l'encéphale dans différentes maladies.

*« Quant il fait une autopsie, il prélève sur le cerveau de petits cubes de volume égal en différents endroits de la masse cérébrale : il compare ces prélèvements entre eux, et avec ceux opérés sur d'autres cadavres. L'instrument précis de cette comparaison, c'est la balance ; dans la phtisie, maladie d'épuisement, le poids spécifique du cerveau est relativement plus faible que dans les apoplexies, maladies d'engorgement (1 dr 3 gr $\frac{3}{4}$ contre 1 dr 6 ou 7 gr) ; alors que chez un sujet normal, mort naturellement, le poids moyen est 1 dr 5 gr. Selon les régions de l'encéphale ces poids peuvent varier : dans la phtisie c'est surtout le cervelet qui est léger, dans l'apoplexie les régions centrales qui sont lourdes. Il y a donc entre la maladie et l'organisme, des points de raccord bien situés, et selon un principe régional ; mais il s'agit seulement des secteurs où la maladie sécrète ou transpose ses qualités spécifiques : le cerveau des maniaques est léger, sec et friable puisque la manie est une maladie vive, chaude, explosive [...]. Si Meckel mesurait, ce n'était pas pour accéder à une connaissance de forme mathématique ; il s'agissait pour lui de jauger l'intensité d'une certaine qualité pathologique en quoi consistait la maladie. Aucune mécanique mesurable du corps ne peut, dans ses particularités physiques ou mathématiques, rendre compte d'un phénomène pathologique ».*⁷⁶

Cette mensuration n'est donc pas mathématique mais de l'ordre du qualitatif. Comme le dit Labussière à propos de la mensuration selon Condillac puis de la mesure au cours du XVIIIème siècle :

« C'est le qualitatif qui s'empare du quantitatif ». On y trouve le motif principal au XVIIIème siècle en matière de mesure : « la recherche obstinée, plutôt que d'une mesure juste, précise, d'une juste mesure de la grandeur des choses qui ne soit pas résultat d'une sommation d'unités, mais unité perçue immédiatement, grandeur en soi, incomparable, de la chose dont elle est

⁷⁶ Compte rendu in *Gazette salulaire*, tome 21, 2 août 1764, rapporté par M. Foucault, *Naissance de la clinique*, p 11.

propriété. En d'autres termes, une mesure qui, loin d'être extérieure au mesuré, lui soit en quelques sorte consubstantielle⁷⁷ ».

La mesure de l'incitabilité de John Brown :

Influencé par les découvertes de Haller sur l'excitabilité et la théorie moniste de l'américain B. Rush, l'œuvre littéraire de l'écossais J. Brown les *Elementa medicinae* de 1780 (traduit en français en 1805),⁷⁸ a connu un franc succès. Cette doctrine posait en effet que la vie se maintient par l'incitabilité (ou excitabilité), propriété de l'être vivant à être affecté et à réagir. Cette incitabilité pour Brown est un principe vital garantissant la particularité de la vie. Il s'ensuit que la maladie est une modification quantitative de l'incitabilité : l'incitation est ou trop forte (sthénie) ou trop faible (asthénie). Il a réalisé une échelle des degrés d'incitation : deux axes gradués de 0 à 80, accolés mais inversés (le premier représentant l'incitabilité et le deuxième l'incitation), de sorte que le maximum d'incitabilité (80) corresponde au 0 d'incitation. Au milieu de l'échelle la coïncidence entre le 40 de l'incitation et le 40 de l'incitabilité signifie l'état de santé parfaite ; dans les autres zones scalaires, on trouve les diverses maladies sthéniques ou asthéniques...N'est-ce pas un peu de démesure dans la mesure ?

La doctrine de Brown s'est exprimée surtout dans la capacité de l'organisme à réagir aux stimuli et également dans le mouvement des liquides du corps. Ce principe a influencé, à la fin du XVIIIème siècle et au début du XIXème siècle de nombreux médecins, des philosophes et poètes (Goethe). En Allemagne, Roschlaub a publié des ouvrages sur le système de Brown. Il inspirera la *Naturphilosophie* de Schelling.

L'un des principes fondamentaux du brownisme, sur lequel Roschlaub et Schelling ont insisté, était l'identité du principe vital dans le processus physiologique et pathologiques. En France, Broussais a souligné précisément cela dans son *Examen de la doctrine médicale généralement adoptée* de 1816. Broussais, en simplifiant la doctrine de Brown a fondé sa « médecine physiologique », qui a inspiré de nombreux et éminents médecins tels que Bouillaud, Cl Bernard et qui a été chère à A. Comte.

Le surdéterminisme de l'esprit préscientifique :

Certains chercheurs ont abusé des déterminations réciproques⁷⁹. Toutes les variables caractéristiques d'un phénomène sont, d'après les scientifiques de cette période, en interaction et le phénomène est considéré comme également sensibilisé dans toutes ses variations. Or, même si les variables sont liées, leurs sensibilités ne sont pas réciproques. Il faut faire de chaque recherche un cas d'espèce. Pour bien saisir ces surdéterminations quantitatives, donnons un exemple où elles sont particulièrement choquantes. Retz constatant que l'on ne dispose pas d'un instrument pour apprécier la quantité de fluide électrique contenu dans le

⁷⁷ Jean-Louis Labussière, Article : *Puissance et impuissance de la mesure au siècle des lumières*, pp 244 à 251. *Acte du colloque à Lyon 3 : La mesure, instruments et philosophie*, éd. Camps Vallon, Seyssel, 1994.

⁷⁸ voir la thèse de J. Richard ,op. cit., pp 324-325.

⁷⁹ Tiré de Bachelard, op. cit., pp 218-219.

corps humain, a tourné la difficulté en s'adressant au thermomètre. La relation des entités électricité et chaleur a été bien vite trouvée :

« *La matière électrique étant regardée comme du feu, son influence dans les organes des corps vivants doit causer la chaleur ; la plus ou moins grande élévation du thermomètre appliqué à la peau indiquera donc la quantité de fluide électrique du corps humain* »⁸⁰.

Il faut noter que la relation de l'électrisation à la température du corps est fautive, du moins avec la sensibilité dont disposait la thermométrie au XVIII^{ème} siècle ; pourtant l'expérience fut faite et refaite par de nombreux expérimentateurs, qui enregistrèrent des variations thermométriques strictement insignifiantes.

Les déterminations numériques dépassent les moyens de détection :

Boerhaave commenté par La Mettrie: l'esprit de système et la mesure par excès de précision :

Le « iatrochimiste » Boerhaave a regardé l'expérience (*experimentum*) et donc la mesure comme des outils auxiliaires qui apportent, dans le meilleur des cas, la confirmation des vérités premières. Cela était patent chez celui-ci, qui s'est empressé de « justifier » la primauté de la fonction digestive sur la circulation du sang. Boerhaave a écrit en 1708 « *Institutiones medicae in usus exercitationes annuae domesticos* » à Leyde.

La deuxième édition française qui a été traduite et commentée très librement par Julien Offray de La Mettrie (1709-1751), est « *l'expression la plus intransigeante (du mécanisme) élargissant la réduction mécaniste à l'âme pensante*⁸¹ ». Boerhaave considère chez l'homme ce qui est purement corporel c'est à dire physique donc observable par les sens et mesurable. Par exemple :

S'agissant de la « *force et action des artères sur les humeurs* », le professeur de Leyde explique que le sang poussé par le cœur rencontre violemment divers obstacles, si bien que chaque particule du fluide est « *agitée par divers mouvements... tantôt broyée, atténuée, condensée* ». Sur quoi La Mettrie renchérit en se livrant à de savants calculs pour « expliquer » mathématiquement la susdite « condensation » :

« *C'est-à-dire que la surface est diminuée presque du double dans la compaction de six molécules ; car, soit le cube du grand rayon a égal aux six cubes du petit rayon b, $a^3=6 B^3$, la surface de la plus grande sphère sera à celle des petites sphères comme $3/66$ (au carré) à $6 b b...etc.$ ».*

Calculs probablement fort intéressants pour la personnalité de La Mettrie connue pour être extravagante, mais qui nous apparaît comme à la limite du ridicule⁸². On le voit, le souci de précision conduit aussi certains esprits à poser des problèmes insignifiants et extravagants. Cet excès de précision, dans le règne de la quantité, correspond très exactement à l'excès du pittoresque dans le règne de la qualité.

⁸⁰ Retz, médecin à Paris, *Fragments sur l'électricité du corps humain*, Amsterdam, 1785, p 3.

⁸¹ Grmek. *La première révolution biologique*, op. cit., p 139.

⁸² D'après J. Richard, op. cit., p306

Hales :

Dans l'*Encyclopédie*, à l'article *Bile*, on peut lire cette détermination précise indiquée par Hales⁸³ : les calculs hépatiques donnent 648 fois plus d'air que leur volume, les calculs urinaires en donnent 645 fois leur volume. Nous voyons dans ces chiffres différents, mais voisins, fournis par une technique assez grossière, non pas le signe d'une différence substantielle, comme le fait Hales, mais plutôt la preuve d'une identité expérimentale.

Lavoisier :

Un autre exemple permettra d'illustrer cet excès de précision. L'utilisation que Lavoisier fait de la pratique de la balance s'est inscrite dans un mouvement général de quantification de la nature. Jusqu'en 1772, il ne disposait que de balances assez grossières, par la suite il eut à sa disposition des balances de grande précision, mais cette précision dépassait les exigences de sa démonstration expérimentale. L'important dans la révolution chimique n'étant pas la précision des instruments, mais la « mesure numérique en soi », le rôle accordé aux nombres⁸⁴. L'usage de la balance serait donc plus rhétorique que réel.

Holmes révèle, à l'étude attentive des registres de laboratoire de Lavoisier, une certaine manipulation des mesures :

« d'une part, Lavoisier semble pêcher par excès de précision en consignand des résultats avec plus de décimales que n'en permettent les marges d'erreur de ses expériences ; d'autre part, il lui arrive à plusieurs reprises d'arranger les résultats à sa guise pour équilibrer les entrées et les sorties. Or il ne le signale pas dans ses publications, sauf dans le cas de l'expérience sur l'eau⁸⁵ ».

A l'époque l'authenticité des résultats de Lavoisier était déjà contestée, surtout par les chimistes Anglais. William Nicholson, introduisant la deuxième édition de *An Essay on Phlogiston and the Composition Of Acids* de son collègue Richard Kirwan, datant de 1789, n'a pas manqué de souligner l'irréalisme des résultats affichés par Lavoisier. Il a déclaré ironiquement que Lavoisier ne se contentait pas d'utiliser la balance, mais augmentait le poids de ses résultats au moyen d'un cortège de nombres « *qui, en certains cas, excède mille fois l'exactitude de l'expérience*⁸⁶ ». Le désaccord entre les chimistes anglais et Lavoisier fait poser la question suivante : pourquoi l'évidence quantitative serait-elle supérieure à l'évidence qualitative ? Ne suffit-il pas de « *bien connaître dans toutes les qualités jusqu'où la précision des mesures est nécessaire*⁸⁷ » ?

⁸³ tiré de G. Bachelard, op. cit. pp 214-215.

⁸⁴ d'après A. Lundgren, cité par B. Bensaude-Vincent, *Lavoisier*, éd. Flammarion, 1993, p 205.

⁸⁵ *ibid.*, p 205.

⁸⁶ *ibid.*, p 207.

⁸⁷ Diderot, *De l'interprétation de la nature*, Partie LII : « *Des instruments et des mesures* », p 231, éd Vernière de Oeuvres philosophiques. Rapporté par Labussière, op. cit.

Ces scientifiques du XVIIIème siècle, même chez le plus remarquable des savants, tel que Lavoisier « oublie que les déterminations numériques ne doivent en aucun cas dépasser en exactitude les moyens de détections »⁸⁸.

Les statistiques :

Au XVIIème et XVIIIème siècle les « statistiques médicales » correspondent à un dénombrement (natalité, mortalité, létalité...) dans un but de politique d'hygiène. La première publication datant de 1662 : *Observations naturelles et politiques sur les tables de mortalité* de Graunt. Caspar Newmann (1648-1715), en 1688 a établi des tables de mortalité dans la ville de Breslau. Au siècle des Lumières, le pouvoir royal en France a encouragé, voire a obligé les médecins à étudier les maladies contagieuses pour mieux les endiguer. Les mémoires de l'Académie des sciences offrent une vingtaine d'études statistiques médicales et « d'arithmétique politique ». Une grande enquête, menée entre 1776-1786 sur la morbidité en France a été conduite par la Société Royale de médecine dont Vicq d'Azyr (1748-1794) était l'instigateur.

Sous l'influence de Leibniz, Bernardo Ramazzini (1633-1714) a mené une enquête en 1690 en essayant de confronter les conditions météorologiques à Modène et l'état de santé des habitants de cette ville et des environs. Il ne pouvait rien en sortir puisque l'état de santé n'est pas une valeur mesurable, pas plus que les conditions météorologiques.

Toute tentative d'évaluation mathématique d'une méthode de traitement a été un échec, par exemple l'inoculation de la variole⁸⁹, faute de l'outil mathématique nécessaire : le calcul des probabilités.

⁸⁸ G. Bachelard, op. cit. p 216.

⁸⁹ La querelle entre les détracteurs et les défenseurs de l'inoculation, pendant la deuxième moitié du XVIIIème siècle montre l'incapacité (jusqu'à ce que Jenner en 1796 mette au point une vaccination moins dangereuse) à trouver la preuve par les mathématiques de l'intérêt ou non de l'inoculation. Pour plus de précision lire l'analyse qu'en fait J Richard dans sa thèse sur *l'Expérience, observation et expérimentation en médecine au 18 siècle*, pp 160 à 165.

conclusion du chapitre :

Les fondements de la physique moderne sont apparus, au XVII^{ème} siècle, grâce à l'œuvre de Galilée et de Newton.

W. Harvey montra le bon exemple, l'objet de ses recherches étant bien choisi. A cette époque, on connaissait assez de faits pour pouvoir construire mentalement un modèle adéquat de la circulation du sang, en expérimentant chez l'animal. Hales prit également avec des instruments rudimentaires la pression artérielle chez l'animal.

Santorio ouvrit la voie à la mesure quantitative chez l'homme. Il a même inventé les premiers instruments de mesure permettant d'être objectif : le thermoscope, le pulsilogium, et une balance pour mesurer la transpiration insensible. Ces mesures chez l'homme ont permis de défaire certaines idées préconçues de la scolastique médicale.

Tout au long des XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècle, tant bien que mal, les instruments de mesures vont être perfectionnés. A la deuxième moitié du XVIII^{ème} siècle, en Angleterre, J. Floyer, pour la fréquence du pouls et Currie, pour la prise de température grâce à un thermomètre, étudièrent ces paramètres chez l'homme.

La iatrophysique, malgré les théories simplistes, était à maints égards, supérieure à l'animisme de Stahl, aux galénismes contemporains et supérieure à la iatrochimie. Lavoisier dans le but de quantifier la société et la nature, leitmotiv scandé par Condorcet et célébré par Condillac, fonda la chimie moderne, découvrit la fonction pulmonaire et reprit le concept matérialiste de la nature physico-chimique des organismes vivants, comme l'avait déjà annoncé entre autres Boerhaave et Baglivi.

L'application des mathématiques en médecine au cours du XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècle était donc certaine mais fut un échec partiel. Les connaissances physico-chimiques de la nature complexe du corps humain étaient insuffisantes. Les mesures quantitatives étaient réalisées le plus souvent avec amateurisme. Les instruments de mesures, malgré les progrès, étaient encore imprécis et inadaptés, les résultats mesurés étaient là pour confirmer une théorie pré-établie (aussi chez Santorio) et échappaient à la métrologie. Les déterminations numériques dépassaient les moyens de détection (même chez Lavoisier). Les expériences que présentaient ces savants devant la communauté scientifique tenaient souvent de la mise en scène et restaient empirique. L'intérêt des savants médecins était surtout pour la curiosité d'un phénomène et non pour la démonstration par une expérimentation méthodique, rigoureuse et faisant appel à l'objectivité des mesures quantitatives. Les oppositions à l'application de la mesure quantitative en médecine étaient majoritaires. Certains théoriciens et physiciens ne considéraient pas l'homme comme un phénomène mesurable (Locke, Newton, D'Alembert, Diderot...). Mais le scepticisme venait aussi des physiologistes tels que Albrecht von Haller ou Spallanzani. Les vitalistes insistaient sur le fait que la médecine devait rester un art et ne pourrait jamais accéder au statut de science. Dans la pratique courante la médecine restait une science conjecturale digne héritière des préceptes de l'Antiquité ; l'observation, plus ou moins rigoureuse, la sensibilité du médecin et une thérapeutique empirique souvent inefficace étaient ses seules armes.

XIXème siècle :

Emmanuel Kant :

E. Kant, philosophe allemand (1724-1804) de la fin du XVIIIème siècle, a influencé les sciences à partir de ce que l'on appelle sa période précritique, c'est à dire à partir de la publication de *Kritik der reinen Vernunft (Critique de la raison pure)* en 1781. Son influence en médecine s'est développée dans la dernière décennie du XVIIIème siècle. Johann Christian Reil, ouvrant le premier fascicule de ses *Archiv fur die Physiologie*, en 1796, revue à l'époque très prestigieuse, a été le premier à saisir le sens de la critique kantienne et son importance pour la médecine. Comment faire de la médecine une véritable science.

« Effectivement, la philosophie rendrait un grand service à la médecine en ordonnant de façon plus juste les concepts des médecins, en leur prescrivant d'examiner des méthodes appropriées, en leur fournissant des règles précises pour tirer des conclusions des faits ainsi que des lois générales et des observations singulières, en leur indiquant les limites que la recherche humaine ne doit jamais franchir, et en ramenant cette dernière du domaine de la métaphysique, où elle erre volontiers, au champ de la physique¹ ».

Pour Kant, les purs concepts de la raison, comme l'idée de l'existence de Dieu ou de l'âme ne se prêtent pas à l'expérience car aucune voie ne relie ces concepts aux données immédiates de l'expérience. Sont très utiles en revanche à la construction de l'expérience d'autres concepts *a priori* de la raison qu'il nomme *catégories*, notamment la causalité, la substance, la qualité, la quantité².

Et c'est précisément l'expérience qui constitue la source de notre connaissance scientifique. Il a ainsi redéfini les critères de fiabilité de la connaissance et a influencé en conséquence le statut de chaque discipline scientifique. Les médecins, quelque soit leur esprit de système, utilisaient des entités immatérielles ou supra sensibles pour résoudre leurs problèmes. Selon Kant, de telles explications devraient être éliminées de toutes les sciences. De tous les concepts *a priori* considérés par Kant comme servant à la construction de l'expérience, celui de causalité est le plus important car ce concept est le critère de la scientificité.

Il est allé plus loin car il « affirme que, dans toute science naturelle particulière, il ne se trouve de science au sens propre qu'autant qu'il y a de mathématique »³.

Kant ne croyait pas en une *causa finalis* mais en des causes agissantes et dirigeantes qui suggéraient une finalité chez les organismes. Dans *Critique de la faculté de juger*, de 1781 il

¹ *ibid.*, p 10.

² Kant, *Critique de la raison pure*, première édition allemande 1781, éd quadrige aux PUF, Paris, 2001.

³ *Premiers principes métaphysique de la science de la nature*, Paris, 1891, première édition Konigsberg 1786.

définit la « force formatrice ». L'affirmation de Kant selon laquelle certains phénomènes de la nature ne s'expliquent pas seulement par la force motrice, marque le passage du mécanisme des XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècle à l'organicisme dynamique du début du XIX^{ème} siècle⁴. Une autre influence de Kant est intéressante. A la question quelles sont les limites de la mesure ? Kant apporta une réponse satisfaisante pour l'entendement humain. Dans *Critique de la faculté de juger*, pour Kant, il ne faut pas confondre la mesure et la grandeur de la mesure qui la rend possible, cette grandeur de référence est une appréciation esthétique. Mesurer la mesure, c'est rentrer en possession d'une mesure fondamentale qui n'est pas nombrable, sinon elle renverrait indéfiniment à d'autres mesures, en un jeu incessant de comparaisons : établir une grandeur donnée serait impossible, puisque l'idée d'unité composable serait privée de sens. C'est l'imagination qui mesure la mesure, par compréhension d'un seul coup d'œil d'une unité intuitive incomparable à autre chose qu'elle-même. Si la compréhension imaginative fonde la mesure mathématique, elle est aussi ce qui fait signe vers son dépassement. C'est l'exigence de la raison qui donne (exhibe) les limites d'une connaissance purement phénoménale, quantitative, et la borne par le 'sans mesure'. Imposer à l'imagination la totalité absolue, l'infini donné d'un seul coup, sans progression (comme une présentation de la vraie mesure fondamentale), est une exigence qu'évidemment l'imagination ne peut satisfaire. Ainsi la mesure est possible, dans les limites de la raison et toujours grâce à une grandeur de référence, elle est alors relative.⁵ Mais il semble que la critique de Kant ait influencé surtout la science allemande du XIX^{ème} siècle, la France ne s'étant ouverte que tardivement aux oeuvres du philosophe de Königsberg.

l'anatomopathologie clinique :

A la fin du XVIII^{ème} siècle un certain climat intellectuel a été créé par les médecins français pour permettre une nouvelle approche anatomo-clinique. Il ne s'agissait plus de faire des observations cliniques pour les intégrer dans un système a priori, comme Hippocrate. Il ne s'agissait pas non plus de considérer le corps comme une machine et d'appliquer les mathématiques au corps humain comme l'ont fait les mécanistes.

Avec l'extension des hôpitaux, à partir de la Révolution, de nombreuses possibilités d'investigations, d'observations se présentaient aux savants. L'enseignement aux lits des malades était un passage obligé pour les étudiants en médecine. Depuis Corvisart en clinique, et Desnault en chirurgie à l'hôtel Dieu, sous la révolution disparaissait la cloison entre la chirurgie et la médecine. 1794 date l'unification de la médecine et de la chirurgie au sein de la même école. Le travail dans les mêmes hôpitaux incitait les étudiants à s'intéresser à la pathologie locale.

Il fallait faire table rase du passé, réexaminer et réévaluer toutes les valeurs, toutes les connaissances, toutes les méthodes pratiques et pédagogiques. Mais pour accomplir cette tâche il fallait des critères. La révolution médicale fut, comme la Révolution politique, basée sur une philosophie. Ce fut en l'occurrence celle de Cabanis (1757-1808), le médecin de Mirabeau et chef des « Idéologues » qui inspira les médecins de son époque. Cabanis était sensualiste. Il voulait appliquer une médecine d'observation mais dénuée de tout esprit de

⁴ *Histoire de la pensée médicale en occident*, op. cit. p 8 à 12 et E. Kant, *Critique de la raison pure*, éd quadrige puf, première éd 1944, sixième éd 2001.

⁵ d'après Labussière, op. cit., pp 246-247.

système et de toute théorie. Cabanis affirmait que les impressions personnelles du médecin avaient plus de valeur que n'importe quelle mesure prise au chevet du malade.⁶ Pour Pinel et Corvisart c'était dans les organes que l'on pouvait retrouver la source des symptômes cliniques. J. N. Corvisart (1755-1821) traduisit en 1808 l'ouvrage de L. Auenbrugger sur la percussion, datant de 1761. Il s'est efforcé de créer une véritable science du diagnostic : pour arriver à déceler des troubles locaux, il fallait perfectionner les méthodes d'observation, dans la percussion. La main venait, comme instrument, à l'aide des sens. Corvisart a étudié les maladies en rapport avec les lésions organiques, dans son *Traité de maladies du cœur et des gros vaisseaux* en 1806. Mais il ne les a pas identifiées les unes aux autres et a maintenu la clinique séparée de l'anatomie pathologique. La méthode préconisée par Pinel était l'observation directe des phénomènes, l'analyse concrète des faits, la nature n'étant accessible que par ses effets et non point dans ses causes premières. Pinel était alors proche du médecin anglais Sydenham. Le but de Pinel était simple : faire voir que la médecine doit s'éloigner du « langage stérile de l'Ecole, de l'esprit d'hypothèse et des promesses emphatiques du charlatanisme » pour acquérir fermement, par la classification méthodique la connaissance profonde de l'histoire des maladies et leur enchaînement naturel. Pour Pinel, ce n'est pas dans la mesure précise appliquée à la médecine que celle-ci devient une science mais par sa classification méthodique. L'enseignement oral au lit du malade et à la table de dissection de Corvisart a donné à Bayle et à Laennec l'inspiration et le courage d'aller plus loin dans la définition localisatrice des maladies. C'est en partant du concept clinique de Sydenham et du concept anatomo-pathologique de Morgagni que G. L. Bayle (1774-1816) et surtout R. Th. Laennec (1781-1826) ont dépassé ces deux approches complémentaires de la réalité pathologique et les ont unifiées dans un concept anatomo-clinique radicalement nouveau. A partir de ce moment, la lésion locale a été l'essentiel de la maladie, sa définition même. Mais dans le dictionnaire des sciences médicales, en 1812, ils assignaient l'un et l'autre comme limites à l'anatomie pathologique la classe des maladies vitales, où elle ne pouvait servir que par défaut, en constatant l'absence de lésions⁷.

Au point de vue méthodologique Laennec était clair : « *Je ne chercherai point, sur les pas de Linné, de Cullen et de Pinel, à diviser les maladies en genres et espèces... je tenterai encore moins de remonter aux causes premières...des maladies. Je me contenterai donc de décrire les maladies... J'exposerai les caractères auxquels on peut les reconnaître sur le vivant et sur le cadavre. J'indiquerai les méthodes de traitement que l'expérience a fait reconnaître pour les plus efficaces* ⁸ ».

Laennec, comme il l'annonce, a décrit les maladies et a fait des analyses anatomo-cliniques mais s'est peu préoccupé de mesurer les lésions observées. Dans ses observations, il se contente d'une évaluation comparative des données. Par exemple « *plusieurs bronches étaient*

⁶ Cabanis, *Du degré de certitude de la Médecine*, Paris, 1798, pp 23, 117. Cité par Shryock, op. cit., p 26.

⁷ *Histoire de la pensée médicale*, op. cit., tome 2, p 124 et tome 3, p 151. En effet certaines maladies, notamment mentales, la lésion pouvait toucher le « principe vital » et donc complètement échapper à l'observation.

⁸ Cité dans la Thèse de Thébaud, op. cit., p 13.

dilatées de manière à recevoir une petite plume d'oie et se terminaient par un cul de sac assez spacieux pour loger un noyau de cerise⁹ ». Certes il a bien inventé un instrument d'observation qui améliore l'ouïe et permet cette relation anatomo-clinique mais ce prolongement des sens qu'est le stéthoscope ne mesure pas¹⁰. L'enquête monumentale de Laennec sur les sons produits par les poumons et les cœurs malades a construit un système diagnostique à la recherche de signes pathognomoniques ; le diagnostic paraît alors acquérir un plus haut degré de certitude. Cette méthode clinico-pathologique, à partir de 1820 va attirer les médecins du monde entier y compris des Etats-Unis.

Cependant au cours de la première moitié du XIX^{ème} siècle, les cliniciens parisiens ont commencé à compter les pulsations, tandis qu'on devenait discret sur les nuances qualitatives du pouls et les respirations. Ils ont mesuré le thorax, ont pris quelques fois la température. Mais ni Laennec ni Bretonneau n'usaient du thermomètre, qu'il était alors bon ton de railler¹¹. Chomel écrit encore en 1841 :

« Le meilleur instrument que le médecin puisse employer pour apprécier la chaleur est la main. Le thermomètre fait parfois connaître le chiffre exact de la température du corps ; mais il est tout à fait impropre pour faire apprécier les autres modifications que la chaleur morbide présente. Dans plusieurs cas même, le toucher fait reconnaître une augmentation notable de la chaleur, bien que le thermomètre ne s'élève pas au-dessus de la température ordinaire du sang¹² ».

X. Bichat (1771-1802) :

Xavier Bichat de formation chirurgicale, élève de Desault, se consacra non seulement à l'anatomie tissulaire, mais aussi à l'expérimentation. Il chercha l'anatomopathologie des tissus plutôt que des organes. Dans son *Traité des membranes* (1799-1800) puis dans l'*Anatomie générale*, il développa un principe de déchiffrement de l'espace corporel qui est à la fois intra-organique, inter-organique et trans-organique. Bichat prouva que l'on pouvait rattacher les maladies aux altérations de tissus déterminés des organes. Certaines inflammations des membranes séreuses, par exemple, provoquaient de la douleur et de la fièvre, que ces tissus appartenissent à la plèvre ou au péritoine. La méthode de Bichat, comme celle de Laennec était l'analyse, proche du modèle mathématique :

« La chimie a ses corps simples qui forment par les combinaisons diverses dont ils sont susceptibles les corps composés... De même, l'anatomie a ses tissus simples qui [...] par leurs combinaisons forment les organes ».¹³

Mais contrairement à Lavoisier qui classa les éléments découverts et mesura les phénomènes observés¹⁴ (voir exemple donné au chapitre de Lavoisier), Bichat resta dans un certain

⁹ Thèse de Thébaud, op. cit.

¹⁰ Le stéthoscope est décrit par Laennec dans le *Traité d'auscultation médiate* de 1818.

¹¹ R. Villey, *Histoire du diagnostic médical*, éd. Masson, 2 tirage, Paris, 1979.

¹² Chomel, *Eléments de Pathologie Générale*, 3 éd. 1841. Cité par R. Villey, *Histoire du diagnostic médical*. p 117, éd. Masson, 2 tirage, Paris 1979.

¹³ Bichat, *Anatomie générale*, tome 1, tiré de M. Foucault, op. cit., p 133.

« empirisme scientifique »¹⁵. En effet, l'expérimentation physique mathématisée ne pouvant, selon lui, être transposée simplement au domaine biologique et médical, il imagina des expériences minutieuses.

La mesure quantitative chez l'homme, pour Bichat est impensable du fait de la variété, la variabilité et la spontanéité des êtres vivants. C'est ce qui ressort du chapitre septième de la première partie des *Recherches physiologiques sur la vie et la mort* intitulé *Différences des forces vitales d'avec les lois physiques*. En voici quelques extraits :

« Les unes (forces vitales) sans cesse variables dans leurs intensité, leur énergie, leur développement, passent souvent avec rapidité du dernier degré de prostration au plus haut point d'exaltation [...] Les autres (forces physiques), au contraire, fixes, invariables, constamment les mêmes dans tous les temps, sont la source d'une série de phénomènes toujours uniformes. [...] L'invariabilité des lois qui président aux phénomènes physiques permet de soumettre au calcul toutes les sciences qui en sont l'objet, tandis qu'appliquées aux actes de la vie, les mathématiques ne peuvent jamais offrir de formules générales. On calcule le retour d'une comète, les résistances d'un fluide parcourant un canal inerte, la vitesse d'un projectile, etc. ; mais calculer avec Borelli la force d'un muscle, avec Keil la vitesse du sang, avec Jurine, Lavoisier, etc., la quantité d'air entrant dans le poumon, c'est bâtir sur un sable mouvant un édifice solide par lui même, mais qui tombe bientôt faute de base assurée ».

Il montre quelques exemples de la variabilité des fluides vivants, comparés aux fluides inertes. La physiologie chimique des fluides prélevés sur les corps vivants était pour Bichat « l'anatomie cadavérique des fluides », c'est à dire détachée de leur contexte physiologique et de leur rapport avec les organes donc non intéressante. Il cite des exemples de cette variabilité, par exemple celle de l'urine au cours de la journée, puis la variabilité entre l'enfant le vieillard [...] entre les passions de l'âme, entre l'état physiologique et pathologique...

Cette variabilité étant « un obstacle non moins réel aux analyses des chimistes médecins » du siècle passé, il prend alors l'exemple des variations de mesures retrouvées au cours du XVIIIème siècle présentées précédemment. Pour Bichat il faudrait un langage différent du langage de la physique pour traiter des corps organiques, car « nous y rappellent sans cesse des idées qui ne s'allient nullement avec les phénomènes de cette science ».¹⁶

Pour lui, la mathématisation des phénomènes vitaux ne sert à rien, ni dans l'établissement des lois particulières ou générales, ni dans la connaissance des maladies et leurs traitements ; la maladie étant une conséquence de la variabilité hors norme des propriétés essentielles propres

¹⁴ Pour Grmek, l'expérimentation chez Lavoisier correspond à la « corrélation expérimentale directe entre les variables ». Grmek M., *Le chaudron de médée*, op. cit., pp 23-24.

¹⁵ « empirisme scientifique » : terme utilisé par Grmek pour désigner l'expérimentation selon Bichat. Grmek M., *ibid.*

¹⁶ X. Bichat, *Recherches physiologiques sur la vie et la mort*, éd puf les classique de la médecine, pp 106-109.

aux organes et tissus, constituant l'organisme. Pour lui, la vie est un principe supérieur à la matière réunissant toutes les parties de l'organisme.

En condamnant ainsi les mesures mathématiques dans la recherche expérimentale, Bichat savait le fondement de la physiologie qu'il appelait de ses vœux.

La statistique médicale : une véritable bataille d'Hernani :

La « méthode numérique » de P. Louis :

La publication, en 1810, du grand ouvrage de P.S. Laplace sur la théorie analytique des probabilités a marqué une étape importante dans l'évolution de la science statistique proprement dite. Peu après, l'idée fut émise que l'on devait tenter de vulgariser ces notions. Ce fut l'objet des travaux publiés par Lacroix, en français (1822), et des essais encyclopédiques publiés par Sir John Lubbock et plusieurs autres savants, en anglais. Dès lors, une large publicité a été assurée aux conceptions de Laplace sur l'avenir du calcul intégral. Laplace a dit notamment que cette branche des mathématiques pouvait être exploitée dans les recherches cliniques.

Pierre Charles Alexandre Louis (1787-1872), quelques années plus tard, a introduit de façon élémentaire l'analyse statistique, pour contrôler l'exactitude diagnostique et évaluer les traitements.

Louis était un clinicien de la tradition Corvisart-Laennec, préoccupé par les liens entre symptômes et lésions anatomiques. Il a cru que la majeure partie de la médecine d'autrefois devait être rejetée, et que l'école française prenait un nouveau départ. Il a pensé élaborer de nouvelles techniques d'investigation. Il critiquait les résultats approximatifs faisant appel à la mémoire souvent défaillante.

En 1825, Louis a insisté sur l'importance d'une étude des maladies fondée sur le dépouillement d'un nombre élevé d'observations. Il énuméra une série de 123 cas de phtisie et 90 cas douteux¹⁷. Il trancha en faveur de Laennec pour la spécificité de la phtisie pulmonaire, contre la doctrine spontanéiste de Broussais. En 1825¹⁸, il fait des recherches sur d'autres maladies épidémiques. Il trancha en faveur de Bretonneau pour la spécificité des lésions et symptômes de la fièvre typhoïde, contre les broussaisistes. En 1835, il utilisa de simples moyens arithmétiques pour évaluer la valeur thérapeutique de la saignée dans les différentes phases de la pneumonie. Il compara alors une centaine de patients traités par saignée avec un groupe témoin de cent malades qui n'avaient pas subi de saignée. Les résultats prouvèrent que cette procédure désuète n'avait qu'une valeur très douteuse¹⁹.

¹⁷ dans ses *Recherches anatomo-pathologiques sur la phtisie*. Cité par Leonard, op. cit., p 70.

¹⁸ dans *Recherches anatomiques, pathologiques et thérapeutiques sur la maladie connue sous les noms de gastroenterite, fièvre putride, adynamique, ataxique, typhoïde, comparée avec les maladies aiguës les plus ordinaires*. Cité par Leonard, op. cit., p 70.

¹⁹ dans *Recherches sur les effets de la saignée dans quelques maladies inflammatoires et sur l'action de l'émétique et des vésicatoires dans la pneumonie*. Cité par Leonard, op. cit., p 70.

Il exprima cette même idée d'une application diagnostique et épidémiologique dans la discussion sur la statistique en médecine du bulletin Académique Royale de médecine, en 1836:

« La méthode statistique peut aussi être utile à établir le nombre de fois où un symptôme est présent dans une maladie ou pour établir la mortalité d'une maladie et les variations de la mortalité suivant l'âge, le sexe... »²⁰.

Les Critiques de la statistique :

La méthode numérique fut presque immédiatement l'objet de vives critiques. Certains médecins comme Broussais mirent en doute la réalité des entités pathologiques auxquelles s'appliquaient les chiffres cités par Louis. Selon eux, des erreurs de diagnostic enlevaient toute valeur aux conclusions de Louis. Bien plus, la notion même de maladies en soi, concepts émis pour la première fois par Sydenham, n'était qu'« *abstraction ontologique* ». Ces médecins niaient l'existence objective, dans la nature, de maladies comme la tuberculose, capables de se glisser dans le corps humain comme les démons des légendes populaires²¹. Ce qui semblait plus sérieux, étaient les mises en garde adressées de toutes part à Louis, insistant sur le fait que la moyenne des résultats obtenus en thérapeutique pourrait bien n'avoir aucune valeur pour tel ou tel individu : il se pouvait que certains patients réagissent différemment de l'homme moyen²².

D'autres critiques, telles qu'Amador, ont affirmé que la probabilité ne peut pas être appliquée à des faits concrets. Le nombre de répétitions d'un fait n'a une valeur qu'autant qu'elle est supposée indiquer la permanence d'une cause. Or les mathématiques ne nous apprennent rien sur les causes. Un autre argument était que la médecine s'applique non à des maladies (qui pourraient être comptées) mais à des malades et chaque malade pose un problème nouveau. « *Pour que la conclusion fût quelque peu légitime, il faudrait que des circonstances semblables le fussent proportionnellement dans les deux groupes antagonistes* », éventualité qu'il croit impossible. Un autre intervenant, Double, partageait ce point de vue et soutenait que « *la loi des grands nombres qui efface les différences et les irrégularités, n'est pas applicable à la médecine* ». Amador conclut que « *la seule démarche juste en médecine est l'observation soigneuse de chaque malade, l'expérience et l'induction. L'induction ne réunit les faits que par leurs qualités communes, seules comparables, en leur laissant pourtant les traits spéciaux qui les individualisent* ». Ici on n'opère que sur l'analogie, pas sur l'identité. C'est un retour à la médecine du XVIIIème siècle²³.

Les défenseurs de la « statistique » :

Mais les faiblesses de la méthode numérique étaient inhérentes à tous les travaux de défrichage. Les critiques qui viennent d'être relatées constituent par elles-mêmes la preuve de l'intérêt que suscitaient un peu partout les conceptions de Louis. Sa méthode exerça une

²⁰ Bulletin de l'Académie Royale de médecine de 1836, pp 730 à 751.

²¹ Shryock, op. cit., p 113.

²² Shryock, ibid.

²³ *Bulletin de l'Académie Royale de médecine, Discussion sur la statistique médicale*, op. cit., pp 622 à 680.

influence décisive en médecine dans le monde entier, en particulier sur les jeunes médecins américains et allemands venus parfaire leurs études à Paris et aida au dépassement de la médecine romantique aux Etats-Unis et en Allemagne²⁴.

A Paris, J. B. Bouillaud²⁵ (1796-1881), agrégé à la faculté de Paris, partisan en thérapeutique de la méthode antiphlogistique de Broussais dès 1831²⁶, pour qui « *l'anatomie pathologique est donc la base sur laquelle doit reposer l'édifice de la clinique médicale* » a préconisé la mensuration, la pondération, la numération comme procédé d'exploration. La mensuration est préconisée en anatomie et en chirurgie.

Dans cette dernière elle « *fournit des symptômes importants ; dans la fracture du col du fémur [...] la luxation de cet os [...], la considération de l'allongement ou de raccourcissement du membre.* » La pondération pour Bouillaud « *est plus usitée en chirurgie qu'en médecine. Pour distinguer certaines tumeurs les unes des autres [...] En médecine légale, en anatomie pathologique...* ». Il termine ensuite par la clinique : « *Enfin, sans la numération, comment pourrions-nous constater la lenteur ou la fréquence des battements du cœur et partant du pouls, le ralentissement ou l'accélération des mouvements respiratoire, etc. ?* ». Pour Bouillaud, « *Morgagni s'est un peu écarté de cette vérité dans la sentence célèbre : Non numerandae sed perpendendae sunt observationes. Il eût été plus exact de dire : Nom solùm numerandae sunt, sed etiam perpendendae observationes* »²⁷.

N'a-t-il pas déclaré ensuite dès 1836, que la méthode statistique constituait une révolution en médecine, et qu'elle allait probablement transformer en science exacte ce qui n'était qu'un art reposant sur des conjectures²⁸ ?

Dans la discussion sur la statistique en médecine du Bulletin de la Société Royale de médecine de 1836, la position la plus sage a été certainement celle de Pierre Rayer, fondateur de la Société de biologie. Il a fait d'abord remarquer que le calcul s'est introduit dans certaines questions d'anatomies et de physiologie. « *Ce n'est qu'avec cet instrument qu'on peut reconnaître la taille, le poids, la mortalité de l'espèce humaine* ». On trouve en effet de nombreuses mesures numériques dans ses comptes rendus d'autopsie, contrairement à ceux de Laennec. Pour lui, « *le calcul est devenu un élément de la méthode expérimentale* ».

²⁴ Thèse de Wiriote, op. cit., p 187.

²⁵ Dans sa jeunesse, Bouillaud était un compagnon de misère de Balzac, il apparaît continuellement dans les oeuvres de ce dernier sous les traits du Dr Bianchon.

²⁶ Bouillaud J. B., *Dissertation sur les généralités de la clinique médicale, et sur le plan et la méthode à suivre dans l'enseignement de cette science*, pp 51-52 (présentée au concours ouvert le 20 juin 1831 pour une chaire de clinique médicale, vacante à la faculté de Paris), imprimerie d'Hippolyte Tilliard, Paris 1834.

²⁷ Dans *Généralité de la clinique médicale*, op. cit., p 81. Remarque : la véritable phrase de Morgagni commençant par « *Neque enim numerandae...* »

²⁸ Bouillaud, *Essai sur la philosophie médicale*, etc., Paris, 1836. rapporté par Shryock, op. cit., p 113.

En ce qui concerne la statistique médicale, il a souligné que « *calcul approximatif, calcul rigoureux, induction logique, tous ces précieux éléments de l'expérimentation, appliqués à des faits mal déterminés, n'ont pu engendrer et n'engendreront jamais qu'erreur et incertitude* ».

Rayer a reconnu l'utilité de la notion de moyenne en thérapeutique et « *d'image moyenne* » d'une maladie. Toujours selon lui, la question est de savoir si l'on peut reconnaître des unités pathologiques entre lesquelles les ressemblances soient assez grandes pour être soumises au calcul et les différences assez petites pour être négligées. Cela est ou sera possible à force d'observations. La double condition du progrès en thérapeutique est donc la détermination précise des unités morbides et la substitution du calcul rigoureux au calcul approximatif. Lorsque ces conditions seront remplies, la méthode numérique représentera un progrès en pathologie et en thérapeutique.

Ainsi la méthode numérique ne pouvait guère être utile tant que la nosologie n'aurait pas précisé la spécificité des maladies²⁹, tant que la physiologie n'aurait pas fourni des faits expérimentaux et tant que les méthodes d'analyse statistique n'auraient pas été affinées. Mais Louis demandait en conclusion à l'Académie de prendre sous sa protection la statistique médicale comme « *un frêle enfant encore au berceau* »³⁰.

Les mathématiciens au service de la médecine :

En 1850, le mathématicien anglais John Herschel, analysant les événements du siècle, a évoqué en ces termes les espoirs suscités par la nouvelle science :

*« On apprit peu à peu, avec une surprise à laquelle se mêlait sans doute un vague espoir d'en profiter un jour, que cette méthode rigoureusement impartiale permettrait peut-être, non seulement d'analyser de façon approfondie l'évolution des naissances, décès et mariages, mais aussi d'apprécier la valeur respective des remèdes et des thérapeutiques utilisées en médecine et que, si elle ne conduisait pas d'emblée à la découverte de la vérité, elle permettrait au moins de déceler et d'éliminer bien des conceptions fallacieuses, qui barraient la route au progrès ».*³¹

Certaines critiques, venant des mathématiciens, ont fait ressortir, non sans raison, que la technique statistique de Louis était insuffisante, ce n'était qu'une arithmétique comparative.

²⁹ La notion de spécificité des maladies a été définitivement admise à partir du postulat selon lequel certaines maladies ne sont pas dans les cellules de l'organisme hôte mais dans les propriétés des microbes pathogènes. E. Klebs le proclame en 1877 au 5^{ème} congrès international des sciences médicales de Genève. (après les découvertes de Koch et Pasteur).

³⁰ Bulletin de l'Académie Royale de médecine, *Discussion sur la statistique médicale*, éd Baillière, 1836, tome 1, pp 778 à 789.

³¹ dans *The Edinburg Rev*, XCII (1850), p 12, rapporté par Shryock, op. cit., p 102.

Jules Gavarret (1809-1890), polytechnicien, devenu professeur de physique médicale à la faculté de médecine de Paris, disciple d'Andral, a travaillé sur le sang, la thermométrie et l'électrothérapie. Il a publié, en 1840 : *Principes généraux de statistique médicale ou développement des règles qui doivent présider à son emploi*. Selon lui, Louis n'employant pas le calcul des probabilités, sa méthode ne laissait aucune place à l'erreur probable ; il a donc peut-être considéré comme appréciables des différences minimales qui n'avaient en réalité aucune importance. Il faut perfectionner la méthode de Louis, par l'usage du calcul intégral aux statistiques. Gavarret a défini différentes lois pour réduire la marge d'erreur en statistique médicale. Il espérait que l'on puisse remonter des effets aux causes grâce à des probabilités extrêmes : si, dans une dizaine d'expériences bien faites, la même cause produit les mêmes effets, « *la répétition future constante de ce phénomène, toutes les fois que la même cause opère, acquiert une immense probabilité* ». Gavarret, a étudié l'influence d'un traitement sur la mortalité et en a tiré des lois de probabilités. Il a défini également différentes lois des séries comparables pour diminuer la marge d'erreur et valider un phénomène.

Gavarret a reçu le soutien d'un médecin, ancien mathématicien qui a été admis à l'École Centrale, le démographe Louis-Adolphe Bertillon (1821-1883). Bertillon a déclaré que les travaux de Louis avaient nui à la cause de statistiques médicales³² :

« *Opérant sur de trop petits nombres, ils (Louis et Bouillaud) n'ont pu s'élever au dessus des perturbations accidentelles qui les ont conduits à des conclusions contradictoires et vaines*³³ ».

Bertillon s'est prononcé pour la statistique médicale, mais à condition de dépasser la méthode numérique naïve de Louis. En 1857, dans son *Essai sur la méthode statistique appliquée à l'étude de l'homme*, Bertillon a oeuvré pour les statistiques officielles des causes de décès, comme contribution essentielle de la médecine à la démographie.

La médecine du XIX^{ème} siècle a dépassé la controverse entre les détracteurs et les défenseurs de la statistique médicale. Dans la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle, perfectionnée par les mathématiciens, elle va connaître des applications ; elle deviendra responsable de progrès scientifiques en validant des phénomènes. C'est ainsi que fut prouvée la valeur des méthodes antiseptiques (Lister, Guérin, Lucas-Championnière), puis celle de l'asepsie (Terrier, Terrillon, Tarnier). La méthode numérique s'appliquera mieux à l'hygiène publique, à l'épidémiologie, à la médecine hospitalière, qu'à l'hygiène et à la médecine de clientèle fortement particularisée. Elle servira à Maillot pour démontrer l'utilité des fortes doses de sulfate de quinine contre les fièvres paludéennes. Surtout elle permettra à Pasteur de démontrer la valeur de ses techniques de vaccination (charbon, rage, etc.)³⁴.

Claude Bernard : naissance de la physiologie moderne :

Alors que Laennec et Bayle fondent la médecine sur une nouvelle conceptualisation de la maladie, François Magendie (1783-1855) l'a basée sur la physiologie expérimentale. En 1816, il a publié son *Précis élémentaire de physiologie* et en 1821, il fonda la première revue spécialisée de physiologie. Dans ses *Leçons sur le sang*, publiées en 1838, Magendie a proclamé la nécessité d'utiliser toutes les ressources de la science en plein essor :

³² voir compte rendu du *Congrès international de Statistique* (Paris, 1855), extrait de la *Gazette hebdomadaire de Médecine et de Chirurgie*, rapporté par Shryock, p 113.

³³ op. cit., rapporté par J. Leonard, *La méthode numérique en médecine au XIX^{ème} siècle*, p 75.

³⁴J. Leonard, op. cit., p 76.

« *Un médecin qui n'a pas appelé à son aide la chimie, la physique, qui ne s'est pas livré à l'art difficile des expériences sur les animaux, etc. - et beaucoup sont dans ce cas - ce médecin, dis-je, ne voit souvent dans une réunion de malades que des gens plus ou moins souffrants, des moribonds, des convalescents.* ³⁵ »

Novateur, Magendie l'a donc été avant l'heure dans de nombreux domaines : dans celui de la toxico-pharmacologie comme dans ceux de la physiologie ou de la biochimie expérimentales. Cependant, il ne marqua pas une étape supplémentaire dans l'évolution de la mesure quantitative en médecine. Quand Magendie a étudié l'effet de la strychnine ou la fonction de la moelle épinière, les faits qu'il en tira étaient bruts, non mesurés. Claude Bernard (1813-1878), médecin à l'Hôtel Dieu, a été l'élève de Magendie auquel il a succédé en 1855 à la chaire de médecine expérimentale. Il a justifié et codifié la méthode expérimentale propre à la physiologie moderne. En dehors des écrits se rapportant à la mesure quantitative, il est inutile de rapporter ici l'ensemble de ses principes sur l'expérimentation en physiologie.

Cl. Bernard a posé comme principe que « *tout phénomène pathologique dérive d'un phénomène physiologique modifié* ³⁶ ». Presque toutes ses expériences ont consisté dans la création artificielle d'états morbides. Au cours de ses expériences il part de l'état pathologique pour découvrir l'état physiologique des phénomènes vivants. Il ajoute même qu' « *il n'y a (donc là), entre l'état physiologique et l'état pathologique, que des différences de degré* ³⁷ » ; c'est bien ici un postulat selon lequel il existe une différence uniquement d'ordre quantitatif et non qualitatif. Ses études sur le diabète en offrent un bon exemple ³⁸. Claude Bernard, a établi en 1848 le taux normal de la glycémie, le seuil d'excrétion du sucre par le rein et la fonction glycogénique du foie. Il a été aidé pour ce dosage d'un de ses collaborateurs. Bareswil (1817-1870), à partir des travaux de Trommer et de Becquerel, a préparé son « liquide bleu », qui en présence de sucre de raisin (ou d'un autre sucre du groupe des oses) réduit l'hydroxyde de cuivre et en provoque la précipitation. Cela lui a permis de déceler la présence de sucre, mais aussi de déterminer sa quantité. Ce procédé a été ensuite perfectionné, en 1848, par Hermann von Fehling (1811-1885) qui en a amélioré la détermination quantitative ³⁹.

³⁵ tiré de Bariety J. et Coury Ch., *Histoire de la médecine*, éd Fayard, 1963.

³⁶ Cl. Bernard, *Principes de médecine expérimentale*. Appendices, chap. 2, Des rapports que présentent entre eux les phénomènes physiologiques, pathologiques et toxiques ou thérapeutiques, p 444.

³⁷ *ibid.* p 445.

³⁸ Cl. Bernard, *De l'origine du sucre dans l'économie animale*, Archives générales de médecine, 18, 1848, p 303-319. Et aussi, *Leçon sur le diabète et la glycogénèse animale*, Paris, 1877. Ici, sans le nommer ainsi, il adopte le « principe de Broussais » cher à Auguste Comte. Pour plus de précision sur les liens entre le « principe de Broussais » et Cl Bernard, lire Grmek, *Le legs de Claude Bernard*, pp 182-186, éd. Fayard, 1997.

³⁹ Dès 1849, Bernard utilise ce réactif amélioré et l'appelle lui-même « liqueur de Fehling ». Pour plus de détail, voir M. Grmek, *Le legs de Claude Bernard*, éd. Fayard, 1997, pp 214- 215.

L'autre mérite de Cl. Bernard a été d'avoir forgé la notion de « milieu intérieur »⁴⁰ qui exprime le pouvoir régulateur des organismes multicellulaires. Le défaut essentiel d'un organisme malade ne réside pas nécessairement dans l'une de ses parties, mais peut concerner son pouvoir d'intégration harmonieuse des parties et d'adaptation aux changements du milieu extérieur. Ce concept a influencé de manière profonde et durable la façon de penser des biologistes et des médecins. Mais cette notion de milieu intérieur sous-entend la notion de constance de ce milieu. En effet dans son « *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*⁴¹ » ce sont bien, entre autres, la proportion d'eau (notion quantitative) du corps et la constance de la température de l'organisme qui ont déterminé les conditions physico-chimique du milieu intérieur⁴².

Cl. Bernard est un « vitaliste », mais le « principe vital » chez lui ne figure que comme un concept :

« La méthode expérimentale détourne nécessairement de la recherche chimérique du principe vital ; il n'y a pas plus de force vitale que de force minérale, ou, si l'on veut, l'une existe tout autant que l'autre. Le mot force que nous employons n'est qu'une abstraction dont nous nous servons pour la commodité du langage⁴³ ». Alors « Les causes premières ne sont point du domaine scientifique et elles nous échapperont à jamais aussi bien dans les sciences des corps vivants que dans les sciences des corps bruts ».

Cependant Cl. Bernard insista sur la possibilité de la mesure quantitative des phénomènes vitaux dans l'expérimentation :

« Dans les sciences expérimentales, la mesure des phénomènes est un point fondamental, puisque c'est par la détermination quantitative d'un effet relativement à une cause donnée que la loi des phénomènes peut-être établie. Si en biologie on veut arriver à connaître les lois de la vie, il faut donc non seulement observer et constater les phénomènes vitaux, mais de plus il faut fixer numériquement les relations d'intensité dans lesquelles ils sont les uns par rapport aux autres.

⁴⁰ cette notion de milieu intérieur sera élargie en celle d'homéostasie par Walter Cannon en 1926 et popularisé depuis 1932 par son livre sur la « sagesse du corps ».

⁴¹ tout au long du chapitre 2 paragraphe 6, sous paragraphe 2° (« *Conditions physico-chimiques du milieu intérieur* »)

⁴² Monod et Van den Berg ont donné le nom de Téléonomie au processus vital décrit par Cl Bernard. D'après Wit, op. cit., tome 2, pp 147 à 161. Voici la définition du Petit Robert de Téléonomie : *interprétation causale des processus finaux [...] c'est à dire l'équivalent mécanique de la finalité.*

⁴³ Cl Bernard op. cit. p 107.

Mais il apporta quelques réserves : « *Cette application des mathématiques aux phénomènes naturels est le but de toute science, parce que l'expression de la loi des phénomènes doit toujours être mathématique. Il faudrait pour cela, que les données soumises au calcul fussent des résultats de faits suffisamment analysés, de manière à être sûr qu'on connaît complètement les conditions des phénomènes entre lesquels on veut établir une équation. Or je pense que les tentatives de ce genre sont prématurées dans la plupart des phénomènes de la vie, précisément parce que ces phénomènes sont tellement complexes, qu'à côté de quelques unes de leurs conditions que nous connaissons, nous devons non seulement supposer, mais être certain, qu'il en existe une foule d'autres qui nous sont encore absolument inconnues. Je crois qu'actuellement la voie la plus utile à suivre pour la physiologie et pour la médecine est de chercher à découvrir des faits nouveaux, au lieu d'essayer de réduire en équations ceux que la science possède. Ce n'est point que je condamne l'application mathématique dans les phénomènes biologiques, car c'est par elle seule que, dans la suite, la science se constituera ; seulement j'ai la conviction que l'équation générale est impossible pour le moment, l'étude qualitative des phénomènes devant nécessairement précéder leurs études quantitatives*⁴⁴ ».

Il poursuivit et détailla ensuite sa réflexion dans le même chapitre. Les physiciens et les chimistes ont essayé d'appliquer le calcul aux phénomènes physico-chimiques des êtres vivants pour trouver des lois simples.

« *Ces problèmes sont plus abordables de nos jours que par le passé* ».

Mais par exemple le simple bilan « *de ce que consomme un organisme vivant en aliments et de ce qu'il rend en excréments [...] ne seront là que de purs résultats de statistique incapables d'apporter la lumière sur les phénomènes intimes de la nutrition chez les êtres vivants* » car « *il s'accomplit dans le milieu organique animal une infinité de phénomènes physico-chimiques très complexes* » que nous ne connaissons pas et dont les chimistes ne tiennent pas compte. Ce sont « *les bases physiologiques qui, la plupart du temps, sont fausses par cela seul qu'elles sont incomplètes* ».

« *L'usage des moyennes [...] en médecine et en physiologie, conduisent [...] nécessairement à l'erreur* » car encore une fois les phénomènes sont d'une

⁴⁴ Cl. Bernard op. cit. dans le chapitre intitulé « *De l'emploi du calcul dans l'étude des phénomènes des êtres vivants ; des moyennes et de la statistique* » pp 185-186.

« trop grande complexité » et « ne donne le plus souvent qu'une fausse précision aux résultats en détruisant le caractère biologique des phénomènes ». Il prit ensuite, entre autres l'exemple de l'inutilité de la moyenne du « nombre des pulsations et l'intensité de la pression sanguine [...] pendant toute une journée » car « tous ces caractères biologiques du phénomène disparaissent dans la moyenne ». Il nuança avec justesse ensuite son propos : « Les moyennes ne sont applicables qu'à la réduction de données numériques variant très peu et se rapportant à des cas parfaitement déterminés et 'absolument simples' ». Il critiqua ensuite la tendance à « la réduction des phénomènes physiologiques au kilo d'animal » par exemple pour l'étude des effets d'une substance toxique ou d'un médicament sans prendre en compte les variations « avec l'âge, la taille, l'état de digestion, etc. ».

« C'est donc sur la détermination de ces conditions (physiologiques) que le physiologiste et le médecin doivent concentrer pour le moment tous leurs efforts ».

La pensée de Cl. Bernard se précisa, dans les notes critiques qu'il fit de sa propre traduction (« franchement mauvaise » d'après M. Grmek) de *Lerbuch der Physiologie des Menschen* de Ludwig⁴⁵. Cl. Bernard critiqua le « réductionnisme » physico-chimique de Ludwig :

« Maintenant, on peut établir mathématiquement que tous les phénomènes physico-mécanico-chimiques sont tous liés dans leur mesure, le temps, etc. de sorte qu'ils découlent les uns des autres ; mais cela peut mesurer tout au plus l'intensité d'un ph(énomène) vital, mais rien apprendre sur sa nature⁴⁶ ».

Quant à la statistique « la première condition pour (l') employer [...], c'est que les faits auxquels on l'applique soient exactement observés afin de pouvoir être ramenés à des unités comparables entre elles ». Dans les hopitaux, beaucoup « d'erreurs grossières » servirent de base à la statistique. Cl. Bernard préconisa que ce soit le statisticien lui-même qui recueillât les résultats. « Mais dans ce cas même, jamais deux malades ne se ressemblent exactement [...], d'où il en résulte que la moyenne ou le rapport que l'on déduira de la comparaison des faits sera toujours sujet à contestation ». La statistique « ne peut donner qu'une 'probabilité', mais jamais une 'certitude' ». Il poursuivit ensuite ainsi : « J'avoue

⁴⁵ deuxième éd Leipzig-Heidelberg, 1858.

⁴⁶ Tiré de M. Grmek, *Le legs de Claude Bernard*, p 373, éd. Fayard, 1997.

que je ne comprends pas pourquoi on appelle 'lois' les résultats qu'on peut tirer de la statistique ; car la loi scientifique, suivant moi, ne peut être fondée que sur une certitude et sur un déterminisme absolu et non sur une probabilité ».

« Pour tous les phénomènes dont la cause est déterminée, la statistique n'a rien à faire ; elle serait même absurde [...] Les effets arriveront toujours sans exception et nécessairement, parce que la cause du phénomène est exactement déterminée. Ce n'est donc que lorsqu'un phénomène renferme des conditions encore indéterminées, qu'on pourrait faire de la statistique [...] jamais la statistique, suivant moi, ne peut donner la vérité scientifique et ne peut constituer par conséquent une méthode scientifique définitive [...] Ce qu'il y a réellement à faire, au lieu de rassembler empiriquement⁴⁷ les faits, c'est de les étudier plus exactement et chacun dans leur déterminisme spécial [...] jamais la statistique n'a rien appris ni ne peut rien apprendre sur la nature des phénomènes ».

En particulier en thérapeutique :

« La statistique n'apprend absolument rien sur le mode d'action du médicament ni sur le mécanisme de la guérison chez ceux où le remède aurait pu avoir une action ».

« Le médecin n'a que faire de la loi des grands nombres, [...], cela ne peut jamais rien nous apprendre sur un cas particulier, même de l'aveu des mathématiciens ».

« La statistique ne saurait donc enfanter que les sciences conjecturales ; elles ne produira jamais [...] les sciences qui règlent les phénomènes d'après les lois déterminées [...] Sans doute la statistique peut guider le pronostic du médecin⁴⁸, et en cela elle lui est utile. Je ne repousse donc pas l'emploi de la statistique en médecine, mais je blâme qu'on ne cherche pas à aller au-delà et qu'on croie que la statistique doive servir de base à la science médicale [...] En

⁴⁷ Cl Bernard appel empirisme scientifique la phase statistique de la médecine, voir Cl Bernard, chapitre sixième et septième de *Principes de médecine expérimentale*.

⁴⁸ Dans *les leçons de physiologie*, Cl. Bernard critique directement la méthode numérique de Louis : « sans doute des esprits éminents, comme par exemple le médecin Louis, ont prétendu que cette sorte de méthode était celle que devaient essentiellement employer les recherches médicales ; sans doute cette manière de faire permet à la pratique d'arriver à quelques indications pronostiques probables ». extraits de J. Léonard *La méthode numérique...* p 76.

un mot, [...] en se fondant sur le déterminisme expérimental elle (la médecine) deviendra [...] une science certaine».

Cl. Bernard ne vit pas la portée de l'application des statistiques à la médecine, en particulier l'importance de l'application de la loi des grands nombres en clinique et en thérapeutique. Les mesures numériques sont utiles pour connaître l'intensité, les liens physico-chimique des phénomènes vitaux, mais pas pour connaître leur nature. L'analyse mathématique des phénomènes naturels, selon Cl. Bernard se doit d'être liée à l'expérimentation.

« La mécanique rationnelle et la physique mathématique forment (donc) le passage entre les mathématiques proprement dites et les sciences expérimentales . Elles renferment les cas les plus simples. Mais, dès que nous entrons dans la physique et dans la chimie, et à plus forte raison dans la biologie, les phénomènes se compliquent de rapports tellement nombreux, que les principes représentés par les théories, auxquels nous avons pu nous élever, ne sont que provisoires et tellement hypothétiques, que nos déductions, bien que très logiques, sont complètement incertaines, et ne sauraient dans aucun cas se passer de la vérification expérimentale⁴⁹ ».

L'expérimentation selon Claude Bernard est caractérisée par son raffinement opératoire et l'attention qu'il accorde aux conditions physiologiques de l'expérimentation.

« Si Cl. Bernard a fait progresser la physiologie plus qu'aucun autre savant avant ou après lui, c'est qu'il le doit précisément à un don particulier de généralisation intuitive... »⁵⁰

L'avènement de la précision par la mesure quantitative, en médecine s'est faite, à la même époque avec la physiologie allemande.

la physiologie allemande :

Plusieurs influences ont fait naître en Allemagne une physiologie moderne basée sur l'expérimentation quantitative. La France, avec entre autres Lavoisier et Gay Lussac, a eu un rôle essentiel dans le développement de la chimie et de la biochimie moderne. De nombreux jeunes médecins allemands attirés par la nouvelle école scientifique anatomo-clinique française, ont suivi les cours de Louis. La philosophie critique de Kant a influencé l'ensemble de la nouvelle société scientifique allemande. La « Naturphilosophie » de Schelling, le mouvement romantique allemand, ont exercé également leur empreinte de façon bénéfique mais également néfaste. Par exemple, Goethe a estimé que la mesure ne pouvait s'appliquer qu'à des objets strictement physiques. Pour lui, les phénomènes biologiques ou sociaux échappaient aux impies qui tentaient de les ramener à des abstractions quantitatives⁵¹. Mais la

⁴⁹ Cl Bernard, op. cit., p 63.

⁵⁰ Grmek M., *Raisonnement expérimental et recherches toxicologiques chez Claude Bernard*, p 40-41, Genève, 1973. tiré de *Histoire de la pensée médicale en occident*, op. cit., tome 3 p 83.

⁵¹ d'après Shryock, op. cit., pp 25 et 26.

nouvelle physiologie allemande s'est développée en réaction à cette philosophie de la nature éloignée du rationalisme physico-chimique.

L'existence d'un réseau universitaire en Allemagne s'est révélée singulièrement efficace pour organiser et diriger une recherche systématique. L'Allemagne possédait, en 1800, une vingtaine d'institutions qui ont offert d'excellentes possibilités de recherche, alors qu'en France la recherche était essentiellement concentrée à Paris.

Les jeunes médecins allemands venus de Paris et de Vienne où l'on enseignait les préceptes de la nouvelle école parisienne ont installé, vers 1825, les premiers laboratoires dans le sens moderne du terme. Jusque-là, seuls existaient les amphithéâtres d'anatomie.

J. Müller (1801-1858) :

Johannes Müller fut un exemple en Allemagne du passage de la pensée spéculative à la science. Au début de sa carrière il a été en effet enthousiasmé par la philosophie de Schelling, et a admiré Goethe. Puis à partir des années trente, lorsqu'il a occupé la chaire d'Université de Berlin, il a été profondément marqué par les travaux du chimiste Suédois Berzelius⁵² et sa méthode quantitative. Müller s'est consacré à l'étude de la physiologie humaine. Il a étudié le système nerveux sur la base des sciences physico-chimiques. Il fut l'un des premiers à se servir du microscope achromatique.

Son traité de physiologie humaine, « *marqua un tournant dans la pensée allemande qui abandonnait la philosophie de la nature pour l'observation et l'expérimentation*⁵³ ».

Cependant, Müller n'a pas renoncé à la distinction entre les phénomènes physiques et chimiques d'une part et les processus biologiques d'autre part. La finalité apparente de ces derniers semblait impliquer pour lui l'existence d'un principe qui leur était propre (un principe vital). Mais il ne rejetait point une interprétation mécaniste des phénomènes, dans la mesure où elle s'accordait avec les faits⁵⁴. Cependant Müller pour une grande partie de ses recherches ne s'est contenté que du rôle d'observateur passif⁵⁵. Il a eu comme élèves des noms aussi illustres que les histologistes Schwann, Henne et Virchow, et les physiologistes Du Bois-Reymond, Helmholtz et Bruck.

R. Virchow :

Après la disparition de Müller, Rudolf Virchow (1821-1902) est devenu la figure représentative de la médecine allemande. Virchow a opté dès le début pour la méthode objective. En 1847, il a fondé ses célèbres *Archives d'anatomo-pathologie, de physiologie et de médecine générale*. Comme son grand contemporain français Cl. Bernard, Virchow a été pleinement conscient de la nécessité d'unir l'expérience et l'observation critique à un usage également prudent et critique « d'hypothèse de travail ».

⁵² Berzelius, de Stockholm est connu, à l'époque pour la précision de ses analyses chimiques, il participe à la découverte de nombreux éléments chimiques au début du 19^e siècle.

⁵³ H E Sigerist, *The Great Doctors : A Biographical History of Medicine*, New York, 1933, p 309. extrait de Shryock, op. cit., p 135.

⁵⁴ Martin Muller, *Über die philosophischen Anschauungen des Naturforschers Johannes Muller*, p 49-50. extrait de Shryock, op. cit., p 136.

⁵⁵ *ibid*, p 142.

Après avoir obtenu en 1843 le diplôme de docteur, il a été nommé, trois ans plus tard, prosecteur à l'hôpital de la Charité à Berlin, où il a commencé ses travaux sur les maladies du sang et des vaisseaux.

Comme Müller et Henle, Virchow s'est servi systématiquement du microscope achromatique, ce qui a permis de constater que le sang des malades atteints de leucémie, contenait un nombre fortement accru de leucocytes. Grâce à une longue série d'observations cliniques, d'expériences sur des animaux et grâce à l'emploi judicieux de statistiques, il a élucidé également les problèmes particulièrement complexes que posaient la thrombose et l'embolie. Virchow a démontré également que les abcès du poumon ou de toute autre partie du corps étaient provoqués par des caillots pyogènes véhiculés par le sang. Chose curieuse, il ne fut jamais à même de produire une preuve objective de la présence de caillots dans les abcès du poumon. Aussi a-t-il invoqué, à l'appui de sa thèse, les statistiques cliniques relatives à la fièvre puerpérale. « La méthode numérique » de Louis s'est révélée inappréciable pour suppléer à l'insuffisance des instruments d'observation, y compris du microscope. Mais avec Virchow et le groupe de 1847, en Allemagne la mesure quantitative a commencé à être réalisée de façon systématique pour essayer d'amener la preuve du phénomène physiologique étudié.

Le groupe de 1847 :

Si Cl. Bernard incarnait la physiologie française, le « groupe de 1847 » a représenté collectivement la physiologie germanique. En effet Brucke, Ludwig, Helmholtz et Du Bois-Reymond ont décidé, à Berlin, de « *poser les fondements chimico-physique d'une physiologie afin de promouvoir celle-ci au rang d'une science exacte* »⁵⁶. Ce qui les a caractérisés fut leur insistance concernant la précision des instruments et l'étude quantitative des relations fonctionnelles. Ludwig a reconnu, plus tard, que la tâche des chercheurs s'était avérée « *beaucoup plus ardue qu'ils ne l'avaient imaginé* ». Toutefois, contrairement à ce qui c'était passé au XVIIIème siècle, cette fois il n'y eut ni stagnation durable, ni, moins encore, retour en arrière.

On considère en général comme le dénominateur commun de ces quatre physiologistes allemands la profession de foi que Du Bois-Reymond exprima dans l'introduction à ses *Untersuchungen uber thierische Elektrizitat* (1848) :

« Si l'on examine l'évolution de notre science, on ne peut manquer de reconnaître que le champ des phénomènes attribués à la force vitale se restreint de jour en jour dans la mesure où un territoire de plus en plus important tombe sous la juridiction des forces physiques et chimiques [...]. Il est inévitable qu'un jour, abandonnant ses intérêts particuliers, la physiologie se fondera dans une grande science théorique unifiée, dissoute dans la physique et la chimie organique ».

Dans cet ouvrage qui résume six ans d'expérimentations sur l'électricité animale, il a défini donc la « voie physico-mathématique » en physiologie. On ne pouvait parvenir à une physiologie exacte, affirmait-il, en se contentant d'accumuler des observations « *en masse et en nombre* ». Si la plupart des problèmes physiologiques ne se prêtaient pas encore à une

⁵⁶ Carl Ludwig, cité dans John Fulton, *Physiology*, p 87. Tiré de Shryock, *Histoire de la médecine moderne*, p 140.

analyse théorique approfondie exprimant par des formules mathématiques les relations causales entre les phénomènes, on pouvait cependant étudier quantitativement les effets observés en variant une par une leurs conditions tout en maintenant constantes les autres.

« On peut aujourd'hui visualiser la dépendance d'un effet par rapport à chaque condition sous la forme d'une courbe dont la loi exacte, certes, reste inconnue, mais dont on peut en général tracer le parcours ».

Ce type d'analyse fonctionnelle est devenu le paradigme de l'école réductionniste en physiologie, à laquelle Du Bois-Reymond donna ses fondements idéologiques.

Emil Du Bois-Reymond a suivi toute sa vie le projet que lui confia, en 1841 J. Müller - sur la vérification des affirmations de Carlo Matteucci selon lesquelles il y aurait du courant électrique dans les grenouilles. Il construisit alors un galvanomètre sensible à cet effet. Il a écrit en 1848 et 1849 deux volumes sur toute l'histoire de l'électricité animale ainsi que ses propres expériences dans ce domaine. Ses résultats furent pour la postérité relativement stériles mais il réussit néanmoins à poser les bases sur lesquelles ses disciples et successeurs édifieront l'explication moderne des phénomènes électriques dans la fonctionnement des nerfs et des muscles⁵⁷.

Carl Friedrich Ludwig (1816-1895) n'a pas été formé par Müller. Largement autodidacte quant à ses connaissances en physiologie, il a travaillé dans le laboratoire de Robert Bunsen à Marbourg, alors qu'il était jeune docteur en médecine, où il avait alors analysé des gaz. Il avait beaucoup d'admiration pour les études d'Ernst Heinrich Weber sur la circulation du sang. Ludwig a été certainement le représentant le plus remarquable de ces physiologistes allemands.

Ludwig a formulé une hypothèse expliquant la formation de l'urine de manière relativement simple par la structure des reins et les lois physiques de l'hydraulique. Bowman, en Angleterre avait montré que l'urine est le produit de l'ultrafiltration du plasma qui se forme dans les glomérules. Ludwig n'a pu expliquer, par l'approche purement physique la différence de concentration entre les substances dissoutes dans les urines et les substances sanguines. Mais il compléta ce mécanisme en émettant l'hypothèse que les tubes rénaux modifient cet ultrafiltrat. Dans le domaine vasculaire, il a mesuré divers paramètres liés aux lois de l'hydrodynamique régulant la circulation sanguine. Ludwig a mis au point un appareil pour mesurer la relation entre les battements cardiaques et les variations de la pression interpleurale, ainsi que les variations d'amplitude de la pression artérielle chez des chevaux et des chiens dans différentes conditions. Afin d'enregistrer ces variations de pression à intervalles suffisamment brefs pour mettre en évidence les battements du pouls, il a placé à l'extrémité ouverte d'un hémodynamomètre de Poiseuille un flotteur pourvu d'une plume horizontale pointue qui traçait une ligne à la surface d'un cylindre en rotation. Un mécanisme d'horlogerie très précis assurait au cylindre une vitesse constante de rotation. Il a appelé ce nouvel appareil un kymographe (ou kymographion). Malgré des résultats peu concluants, Ludwig a inauguré ainsi une méthode extrêmement féconde, la méthode d'enregistrement graphique. A Zurich en 1850, Ludwig a appliqué son kymographe à une recherche sur la

⁵⁷ Grmek, *Histoire de la pensée médicale en occident*, op. cit., tome 3, p 86.

sécrétion salivaire. Par ces expériences, il voulut expliquer le fonctionnement des sécrétions salivaires comme « *une conséquence mécanique de l'excitation nerveuse* ».

Ces hypothèses ont donné une explication unitaire sur le fonctionnement rénal et sur la sécrétion salivaire. Mais il a abandonné, face à des résultats expérimentaux inattendus, ces hypothèses séduisantes. Pour apprécier l'importance des réalisations scientifiques de Ludwig, il faut moins prêter attention à la découverte de fonctions nouvelles ou d'autres phénomènes physiologiques jusqu'alors inconnus qu'à l'approfondissement de l'analyse expérimentale et de la compréhension théorique des phénomènes déjà connus. L'appareil de Ludwig pour mesurer les gaz du sang, ses méthodes pour mesurer la pression sanguine et la rapidité du flux sanguin ainsi que les modèles de ses expériences sur des organes isolés et perfusés ont fourni des outils pour de nouvelles orientations de recherche qui servirent encore longtemps après la fin du XIX^{ème} siècle. C'est bien par la profondeur d'analyse et par la précision quantitative des phénomènes observés que les expériences de Ludwig apportèrent du nouveau à la physiologie et à la médecine⁵⁸.

Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821- 1894) physicien de formation, fut également physiologiste, philosophe et médecin militaire.

Helmholtz attachait une importance particulière à l'amélioration des méthodes d'observation et à la mesure des résultats obtenus lors de ses expériences. Ce souci de précision, tout naturel chez un physicien, constituait à l'époque une exception dans la recherche médicale. Helmholtz expérimenta avec persévérance, sans jamais perdre de vue la possibilité d'améliorer ses instruments et de mesurer les résultats obtenus⁵⁹.

En 1845, il apporta les premières preuves expérimentales qu'une transformation chimique se produit lors de la contraction musculaire. Il ne réussit pas à identifier la réaction elle-même, mais il mit en évidence un changement quantitatif des substances solubles dans l'eau et dans l'alcool dans un muscle isolé de grenouille électriquement stimulé jusqu'à épuisement. Par des mesures opérées en 1848 avec un appareil très sensible de sa propre invention, il démontra qu'un muscle isolé de grenouille se réchauffe en se contractant. Il adapta ensuite un galvanomètre pour mesurer les très brefs intervalles entre la stimulation et le début de la contraction des fibres musculaires. Au cours de ces mesures, il découvrit que, en excitant le muscle par l'application d'une électrode à des endroits différents du nerf, il pouvait mesurer la vitesse de propagation de l'influx nerveux entre ces différents points.

⁵⁸ Grmek, *ibid*, tome 3, pp 80 à 83.

⁵⁹ Shryock, *Histoire de la médecine moderne*, pp 141-142.

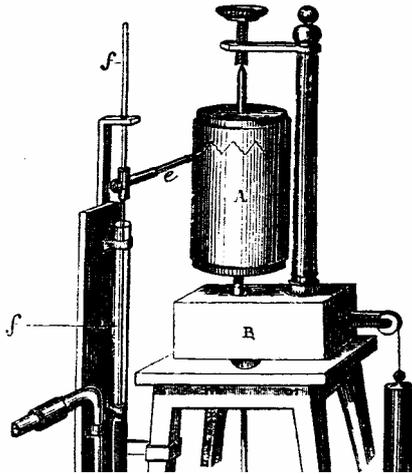


Fig 1 : Kymographion de Ludwig.

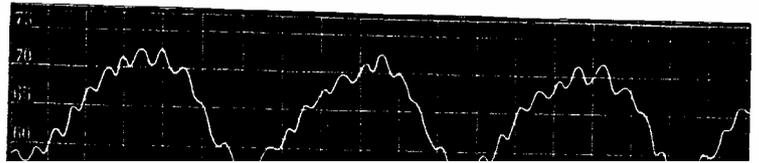


Fig 2 : Tracé des changements de la pression dans la carotide d'un chien, obtenu avec le kymographion de Ludwig. Ce tracé est ainsi commenté par le Pr Marey (*La circulation du sang à l'état physiologique et dans les maladies*, 1881) : « Les tracés obtenus par Ludwig contenaient des oscillations de différents ordres ; les unes, plus petites, correspondaient chacune à une systole du coeur, les autres, plus étendues, étaient produites par les mouvements respiratoires ».

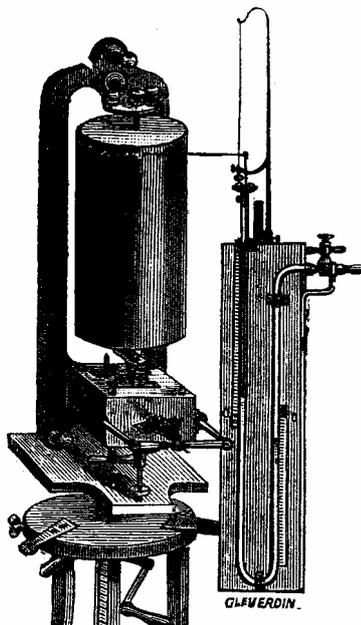


Fig 3 : Kymographion de Ludwig modifié, proposé à l'Exposition Ch. Verdin.

Ces différentes figures sont tirées de l'ouvrage de Pariente L., *Les premiers instruments de mesure du pouls et de la pression artérielle*, édition L. Pariente, 1979.

La méthode graphique d'enregistrement du mouvement musculaire, pour laquelle Helmholtz conçut un appareil, connu plus tard sous le nom de myographe, servit longtemps dans l'étude des mouvements musculaires en médecine.

En 1847, Helmholtz a publié l'essai théorique *Über die Erhaltung der Kraft*, où il a exprimé sur la loi de conservation de l'énergie ses idées, qui ont mûri au cours des dix années précédentes. Elle eurent des conséquences profondes pour la physiologie.

Les animaux « absorbent de l'oxygène et des composés oxydables complexes produits par les végétaux, et les restituent en partie oxydés sous forme d'acide carbonique et d'eau, et en partie comme composés réduits plus simples ; ils consomment donc une certaine quantité d'énergie chimique potentielle dont ils produisent la chaleur et l'énergie mécanique. Puisque cette dernière représente une quantité relativement petite de travail par rapport à la quantité de chaleur, le problème de la conservation de l'énergie se ramène plus ou moins à la question de savoir si la combustion et la transformation des aliments créent la même quantité de chaleur que celle que les animaux émettent ».

Il a fallu près d'un demi-siècle pour apporter une réponse expérimentale à la question posée par Helmholtz⁶⁰.

Helmholtz a entrepris ensuite des travaux sur les organes des sens. En 1851, il a inventé l'ophtalmoscope puis un an plus tard l'ophtalmomètre. Grâce à ces instruments, il fut possible pour la première fois d'observer l'intérieur d'un organe et d'en mesurer le mécanisme complexe, c'est à dire de poser les jalons de l'ophtalmologie. D'autre part, une impulsion fut donnée à la recherche d'instruments analogues pour l'observation directe d'autres organes vivants.

Comme nous l'avons vu Cl. Bernard a une intuition géniale des hypothèses à vérifier et n'utilise les mathématiques que dans la mesure où elles sont indispensables à sa démonstration. La quantification n'est pas pour lui un but en soi. Il est encore trop tôt pour l'appliquer de façon systématique, il faut dans un premier temps approfondir les connaissances des phénomènes vitaux. C'est sur la détermination des conditions physiologiques que le médecin doit concentrer pour le moment tous ses efforts. Ensuite la mesure ne permettra que de définir les relations d'intensité entre les phénomènes physico-chimiques, mais ne nous apprendra rien sur la nature du phénomène vital.

A cette réserve Bernardienne, les physiologistes allemands, symbolisés en particulier par le groupe de 1847 répondent par des découvertes physiques et chimiques organiques grâce à la mesure systématique du phénomène vivant. Par le perfectionnement des enregistrements de paramètres biologiques, le scientifique peut, sans permettre forcément une analyse approfondie des problèmes physiologiques, tout au moins visualiser quantitativement les phénomènes expérimentés. On retrouve plus tard, les mêmes différences entre l'intuition géniale et le souci de précision dans les travaux de Pasteur et de Koch.

⁶⁰ *Histoire de la pensée médicale*, op. cit., tome 3, p 84.

l'évolution de la chimie organique – naissance de la biochimie et de la biologie médicale :

Peu après l'exécution de Lavoisier en 1794, Cuvier a déclaré que l'œuvre de celui-ci « *avait révélé à l'Europe étonnée le système entier de la chimie moderne* ». Il n'a pas manqué de souligner le rôle que joua dans l'œuvre du grand chimiste son attachement à l'esprit mathématique. La modernisation de la chimie vers 1820 a été due à plusieurs facteurs essentiels : la condamnation de l'alchimie ; l'introduction des mesures quantitatives des combinaisons chimiques par Lavoisier ; les travaux entre autres de Berzelius et de Sir Humphrey Davy découvrant consécutivement les éléments chimiques apparemment irréductibles (en 1830 cinquante éléments étaient trouvés) ; la formulation par John Dalton, de façon imparfaite, des combinaisons chimiques⁶¹ ; l'isolement grâce à la méthode électrolytique, par Sir Humphrey Davy, en 1810, du sodium et du potassium.

Cette révolution intervenue dans la chimie s'est répercutée d'autant plus facilement en médecine que nombre de grands chimistes étaient en même temps des médecins⁶². Les nouvelles méthodes auxquelles, dans les années 1820, s'est référée, en France l'Académie des sciences en physiologie et en chimie, étaient essentiellement des procédés qualitatifs d'extraction, d'isolement et d'identification des matières composant les parties liquides et solides des végétaux et des animaux⁶³. Cependant, déjà quelques procédés quantitatifs ont été utilisés en biologie et en médecine. Par exemple, Prévost et Dumas ont constaté chez l'animal dans les années 1820 que l'urée existe en quantité très importante chez l'animal néphrectomisé. Christison en 1825, puis Richard Bright en 1827 ont fait la même constatation chez l'homme atteint d'affection chronique du rein. En 1828, Wöhler, élève de Berzelius a réalisé pour la première fois la synthèse d'une substance organique, l'urée, en faisant réagir deux substances minérales (le cyanate de potassium et le sulfate d'ammonium). La « chimie organique » rejoignait alors la « chimie non-organique ». Mais la méthode quantitative préconisée par Lavoisier a pénétré lentement la théorie et la pratique en chimie organique, et en physiologie ; elle n'est devenue dominante que dans les années 1840. Un autre point est à noter : les analyses souvent quantitatives de Lavoisier, Berzelius, Louis Joseph Gay Lussac⁶⁴ et d'autres laissaient parfois à désirer, en raison de leurs méthodes et de l'imprécision de leurs appareils.

Il a fallu attendre la génération suivante de chimistes et de médecins pour que la méthode quantitative soit appliquée de façon systématique et avec exactitude en biologie médicale. En France la création de la société de Biologie en 1848 y contribua.

Justus von Liebig, chimiste allemand a développé et perfectionné la technique de l'analyse chimique. Il a clarifié certains aspects du métabolisme et de la nutrition, et distingua dans les principes alimentaires organiques trois groupes : les albumines, les graisses et les sucres. Il a poursuivi outre ses études sur le métabolisme, en collaboration avec son compatriote Wöhler,

⁶¹ L'ignorance de la structure moléculaire empêchait l'établissement de formules exactes, par exemple celle de l'eau se présentait comme $H + O = HO$.

⁶² Sir H. Davy, médecin, se consacra, sous la direction du Dr Beddoes, du Bristol Pneumatic Institute, au problème de l'action thérapeutique des gaz nouvellement découverts (azote, acide nitrique...).

⁶³ Les expériences de Magendie sur les besoins nutritionnels des animaux en sont un exemple. Ces expériences sont exposées dans les *Annales de chimie et de physique*, 3, 1816, pp 66-67.

⁶⁴ L J Gay-Lussac : Physicien et chimiste français.

ses recherches sur la respiration, la fermentation et la chaleur animale. Liebig, inspiré par l'élan de l'école anatomo-clinique parisienne, élève à Paris de Gay Lussac, a procédé à l'observation et à la mesure quantitative systématique des matières organiques complexes. Gabriel Andral, en 1843, dans son manuel d'hématologie pathologique, a étudié le sang selon trois points de vue : les propriétés visibles à l'œil nu, les caractéristiques microscopiques, les aspects chimiques. Il a pesé la fibrine, les globules et le sérum du sang. Dès 1852, Vierordt a élaboré une méthode pour procéder à des mesures sur le sang. En 1855, le Hollandais Cramer a compté pour la première fois les globules à l'aide d'un hématimètre de son invention. Les globules rouges, les globules blancs, les plaquettes ont pu être étudiés dans leur morphologie et leur répartition numérique à partir des procédés de coloration d'Ehrlich, en 1869. Cependant, pour disposer du sang dans des conditions permettant des analyses chez des patients, il a fallu attendre l'époque de l'asepsie⁶⁵, de la seringue de verre⁶⁶ et des aiguilles métalliques à injection ou ponction.

les applications cliniques et paracliniques :

La température corporelle :

Les cliniciens parisiens ont utilisé quelques fois le thermomètre, pour prendre la température de l'organisme. C'était d'ailleurs toute une affaire : le médecin transportait avec lui un thermomètre encombrant, d'un maniement délicat, et prenait lui-même la température, dans l'aisselle ou dans la bouche, ou encore dans la main. L'opération durait une vingtaine de minutes. Il a fallu attendre la deuxième moitié du XIX siècle pour voir instaurer la thermométrie clinique. Vers 1850, Ludwig Traube a introduit les courbes d'évolution de température dans le temps, que son disciple Carl Wunderlich a étudiées minutieusement sur plusieurs milliers de patients⁶⁷. Wunderlich a fondé la thermométrie médicale et a changé définitivement le statut nosologique de la fièvre en l'interprétant comme un symptôme particulier et non plus comme une maladie généralisée. A partir de ces études ce n'est plus le malade qui se plaint de fièvre ou le médecin qui estime une hyperthermie, c'est le thermomètre qui indique exactement au second quelle est la température corporelle du premier. L'invention du thermomètre médical à étranglement date de 1867 et les premières courbes de température sont apparues en France dans les publications avec les leçons cliniques de Jacoud en 1869. Il faut attendre 1890 pour que la prise de température rectale et le thermomètre familial entrent dans les habitudes.

La fréquence cardiaque :

⁶⁵ Après sa découverte de la nature contagieuse de la fièvre puerpérale Ignaz Fuloop Semmelweis en 1861, celui-ci préconisa aux médecins et étudiants de se laver les mains à l'eau chlorée. Il faudra attendre Henry Dakin, en 1915 pour trouver une solution aux propriétés irritantes pour les muqueuse et les tissus lésés de l'hypochlorite de sodium.

⁶⁶ Construit par Fergusson, en 1869 et Luer, en 1894.

⁶⁷ C. Wunderlich, *De la température dans les maladies*, Paris, 1872. (première édition allemande, *Das Verhalten der Eigenwärme in Krankheiten*, Leipzig, 1868.

Prendre le pouls est une chose, encore faut-il connaître sa physiologie. Ernest Heinrich Weber, en 1821 professeur d'anatomie à l'université de Leipzig, a réalisé une série d'expériences avec son jeune frère Wilhelm sur le mouvement ondulatoire dans les liquides. En 1827, Ernest Weber a utilisé les résultats de ces expériences pour réinterpréter le pouls artériel. Il a pu clairement distinguer deux mouvements, celui de l'onde du sang et celui du sang lui-même, que jusque-là les physiologistes avaient considérés comme un phénomène unique. Le pouls correspondait maintenant à la propagation de l'onde sanguine. Dans les années 1840, Weber a élaboré des modèles expérimentaux et mathématiques rendant compte de la circulation du sang en tant que mouvement de liquides dans des tubes élastiques. Louis et plusieurs de ses collègues cliniciens prenaient, montre en main, le pouls de leurs malades et en comptaient les battements. La méthode statistique de Louis poussa les cliniciens à faire des relevés sur un échantillon de malades pour en tirer une moyenne. Le comptage de la fréquence cardiaque a connu, à partir de 1840, un développement analogue à celui du thermomètre médical, mais son usage ne se généralisa que lorsqu'on songea à recueillir des observations exactes.

Les premières expériences d'auscultation indirecte du cœur fœtal à l'aide d'un stéthoscope ont été menées en 1818, par Jacques-Alexandre Lejumeau, vicomte de Kergaradec (1787-1877), collaborateur de Laennec⁶⁸. Trois ans plus tard, Kergaradec publia son *Mémoire sur l'auscultation appliquée à l'étude de la grossesse*. Dans ce texte de 35 pages, il a évoqué la possibilité d'apprécier l'état de l'enfant au travers de variations de la fréquence de son rythme cardiaque. Cette proposition n'a guère connu de succès en France où certains sont allés jusqu'à nier l'existence des bruits fœtaux, mais elle a été néanmoins mise en pratique par divers obstétriciens allemands par lesquels cette méthode fut ensuite diffusée dans toute l'Europe. Divers modèles de stéthoscope obstétrical virent alors le jour, pour aboutir vers 1880-1890 à la classique « trompette » d'Adolphe Pinard (1844-1934). L'enregistrement des bruits fœtaux à travers la paroi abdominale maternelle a été proposé par l'italien Pestalozzo en 1891.

Pour remplacer la classique et ancestrale palpation du pouls, le français Hérisson, en 1834, a conçu un nouvel instrument, le sphygmomètre. Il était destiné, d'après son inventeur, « à traduire à l'œil toute l'action des artères ». Ce sphygmomètre, simple et ingénieux, avait pour principe l'application d'une colonne de mercure sur une artère de l'avant bras, l'artère radiale. Il s'agissait d'une simple application par pression, et non d'une approche chirurgicale. Cette approche « n'avait fait que transformer une sensation tactile en une impression visuelle (l'oscillation verticale d'une colonne de mercure) aussi fugace et aussi difficile à analyser dans ses éléments nombreux, dont la durée totale est à peine d'une seconde⁶⁹ ».

Karl von Vierordt de Tubingen, en 1853, inspiré par le sphygmomètre de Hérisson, a inventé un appareil pour enregistrer les battements du pouls de façon non invasive, le sphygmographe⁷⁰. Cet appareil a été utilisé pour avoir le rythme, la fréquence du pouls, la durée de la systole et de la diastole, permettant ainsi la visualisation de certaines valvulopathies. Le sphygmographe a constitué le premier outil paraclinique du domaine cardiovasculaire (le stéthoscope de Laennec faisant partie de l'examen clinique). Pour la première fois dans le domaine de la circulation sanguine, un appareil a quitté le laboratoire du

⁶⁸ Celui-ci avait construit son premier stéthoscope en 1816.

⁶⁹ d'après Marey en 1860 rapporté par L. Pariente, *Les premiers instruments de mesure du pouls et de la pression artérielle*, éd. L. Parient, 1979, p 14.

⁷⁰ Vierordt, *Die Lehre vom Arterienpuls* (Traité du pouls), Braunschweig F, Vieweg, 1855.

physiologiste pour intégrer l'arsenal du praticien⁷¹. Le sphygmographe direct et celui à transmission de Marey en 1860 ont permis des enregistrements graphiques fiables et ont été proposés en vente en 1890 dans le catalogue des instruments de précision de Charles Verdin. Ils entreront alors dans la pratique courante.

La pression artérielle :

En 1808, Thomas Young a mesuré la résistance à l'écoulement des liquides dans des tubes de très petit diamètre. Sa conclusion principale fut que la friction dans les petits tubes aux dimensions des capillaires est tellement plus grande que celle dans les tubes ayant à peu près le diamètre de l'aorte que « *la seule résistance importante que rencontre le sang se situe dans les artères capillaires distales* ». Les résultats de Young ont apporté des preuves nouvelles aux opinions exprimées antérieurement par Stephen Hales : ils se sont fondés d'ailleurs sur les mesures effectuées par Hales dans les vaisseaux sanguins.

Vingt ans plus tard, en France, un étudiant en médecine, Jean-Louis Marie Poiseuille, a inventé l'hémodynamomètre qui a permis des mesures plus précises de la pression artérielle. Ignorant probablement les travaux de Young, Poiseuille s'attendait à ce que, du fait de la résistance à l'écoulement du sang dans les artères, la pression du sang diminuât à mesure qu'on s'éloigne du cœur. Mais, lorsqu'il mesura la pression sanguine chez un chien ou un cheval⁷² au même moment à des niveaux différents par rapport au cœur, il a constaté que la pression moyenne était partout la même. Les mesures de Poiseuille ont déclenché une intense activité expérimentale quantitative concernant la dynamique de la circulation. Son hémodynamomètre a servi, avec de petites modifications, à la génération suivante de physiologistes comme instrument de choix pour mesurer la pression artérielle et veineuse. Karl Ludwig s'est inspiré de l'hémodynamomètre de Poiseuille pour réaliser son kymographion qui a permis des enregistrements graphiques de la pression artérielle chez les animaux⁷³. En 1856, un chirurgien lyonnais, Faivre, a relié l'artère fémorale ou humérale de patients subissant une amputation des membres à un manomètre à mercure, du type du kymographion de Ludwig, il a relevé des « pressions moyennes » de 115 à 120 mm de mercure⁷⁴. Mais à ces procédés, directs, invasifs, vont succéder des inventions permettant des mesures de la pression artérielle de façon indirecte et non invasive. Vierordt, concepteur du sphygmographe, a suggéré que la contre-pression nécessaire pour supprimer les battements du pouls permet d'apprécier indirectement la valeur de la pression artérielle. Marey, qui a réalisé l'un des sphygmographes les plus fidèles a reconnu que « *pour étudier valablement la pression artérielle, il faut renoncer à obtenir avec le sphygmographe cette valeur absolue (de la pression artérielle) et se borner à rechercher dans les formes des tracés du pouls les indications indirectes de la valeur de cette pression*⁷⁵ ». Puis de nombreux appareils

⁷¹ d'après Nicolas Postel-Vinay, *Impressions artérielles, 100 ans d'hypertension 1896-1996*, chap 1, p 18. éd Maloine / Imothep.

⁷² Qui le payèrent de leurs vies, la section de l'artère étant nécessaire à l'introduction de son appareil de mesure.

⁷³ voir ci-dessus au chapitre du groupe de 1847.

⁷⁴ d'après Nicolas Postel-Vinay, *ibid.*, chap 1, p 17.

⁷⁵ E. J. Marey, *La circulation du sang dans l'état physiologique et dans les maladies*, Paris 1881, contenant 750 pages, 360 figures.

permettant la mesure et l'enregistrement plus ou moins exacts des pulsations et de la pression artérielle sont apparus.

A Vienne, Victor Basch a décrit en 1881 un sphygmomanomètre composé d'une poche élastique reliée à un manomètre⁷⁶. Appliqué à l'artère du poignet jusqu'à effacement de ses battements, l'appareil a offert des chiffres de pression artérielle qui se sont avérés relativement exacts. En France, Potain, s'inspirant de l'appareil de Basch en a construit un également facilement applicable à l'homme. Basch et Potain ont été les deux premiers à introduire la sphygmomanométrie dans l'enceinte hospitalière. Mais les appareils de Basch et Potain, n'ont donné que les valeurs de pression systolique.

L'évolution de nouveaux concepts en physiologie et en pathologie est étroitement liée aux inventions techniques et à la construction de nouveaux appareils. C'est en 1896 que l'italien Riva-Rocci a équipé le sphygmomanomètre d'un brassard gonflable et inaugura la modernité de la mesure tensionnelle⁷⁷. En 1905, le chirurgien russe Nicolai Korotkoff, de Saint-Pétersbourg, a décrit la méthode auscultatoire à l'aide, du stéthoscope et ouvrit la voie de la mesure indirecte de la diastolique. Ensuite vinrent, au début du XIXème siècle, les mesures systématiques et la notion d'hypertension artérielle. Ainsi, comme le montre le cheminement qui a conduit de la mesure de la pression artérielle à l'élaboration du concept d'hypertension, avancées médicales et progrès techniques se sont fondus mutuellement⁷⁸.

⁷⁶ Victor Basch, *Über die Messung des Blutdrucks am Menschen*, 1880. Cité dans Postel-Vinay, op. cit., p 21.

⁷⁷ Riva-Rocci, *Un nuovo sfigmomanometro*, Gazette medicale di Torino, 1896.

⁷⁸ Cette idée est présentée par Ségal A., dans *Histoire de la pensée médicale en occident*, tome 3, op. cit., Chap. *Les moyens d'exploration du corps*, p 192. voir également le livre de Postel-Vinay, op. cit.

Ces progrès fulgurants s'inscrivirent dans le contexte de ce siècle. L'industrialisation intensive débutante, l'amélioration des transports favorisèrent les échanges d'informations et le développement des techniques dans tous les domaines y compris en médecine. La philosophie du siècle des lumières, la Révolution Française ont aussi modifié le regard porté sur l'individu. Devant l'émancipation de l'égalité « théorique » des hommes, la société se devait de les soigner en impliquant les nouveaux progrès techniques. En médecine des institutions de recherches et de nouvelles spécialités ont vu le jour et ont répandu ainsi les bienfaits de la quantification.

CONCLUSION

C'est l'introduction de la quantification dans les sciences au XVII^{ème} siècle qui a permis les formidables progrès dans la connaissance de la nature inanimée, comme l'astronomie, la physique... Mais la médecine n'a suivi cette voie qu'avec beaucoup de retard. Depuis l'Antiquité (Hippocrate, Galien, Celse...) jusqu'au début du XIX^{ème} siècle elle était restée un « art » basé sur l'observation patiente de données qualitatives. Pourtant certains esprits, influencés par les travaux de Galilée ont tenté d'apporter en médecine des bases scientifiques par l'expérimentation et les mesures numériques. Mais ces essais n'ont le plus souvent été appliqués qu'à l'expérimentation chez l'animal (Harvey, Borelli, Hales...) et plus rarement chez l'homme dans le but limité de conforter une hypothèse en physiologie (Santorio) ou de justifier une thérapeutique (Currie). Dans l'expérimentation les médecins se contentaient le plus souvent de leur intuition et d'une observation attentive. La médecine pratique, encore engoncée dans des systèmes hérités des Anciens, n'avait que faire de la quantification. Le rapprochement entre l'anatomie-physiologie et la clinique hippocratique suivant les préceptes de la scolastique médicale était impossible. Cela n'a pas permis la compréhension de la complexité du corps organique. C'est la transformation de la chimie à la fin du XVIII^{ème} siècle (Stahl, Priestley, Lavoisier) qui va enfoncer un coin dans cette médecine figée. Dès le début du siècle suivant, nombreux sont les médecins qui rêvent d'une médecine scientifique capable de formuler des lois comme les sciences physiques l'avaient fait depuis longtemps déjà. Mais pour cela il aurait fallu passer par la méthode numérique. Cet espoir fut long à se concrétiser pour plusieurs raisons.

La première est philosophique. Pendant longtemps le monde vivant a été considéré comme qualitativement différent du monde inorganique. Les lois physiques auxquelles obéissait celui-ci ne pouvaient s'appliquer à celui-là (Buffon, Cabanis, Bichat...). L'organisme vivant est une unité indécomposable qui ne peut être réduit à la somme de ses parties. Même les philosophes mécanistes qui considéraient le corps humain comme une machine (Descartes, La Mettrie) ont été incapables de découvrir les lois qui la régissent, faute de pouvoir formuler des hypothèses de travail. On en restait alors à l'animisme de Stahl ou au vitalisme de Bordeu et Barthez selon lesquels l'être animé est habité par un « principe vital » qui influe sur la santé et la maladie. Laennec lui-même n'était pas loin de partager ces vues, qui rendaient impossible l'application de la quantification.

C'est quand on a renoncé à définir cet élan vital, considéré comme « cause première » et qu'on s'est appliqué plus modestement à étudier les rapports des diverses fonctions de l'organisme par l'expérimentation que la méthode numérique trouva son utilité. Ainsi, indépendamment de l'explication philosophique de Kant en France et sous l'influence de celui-ci en Allemagne, les domaines de la métaphysique et de la science se sont séparés. La biologie étant séparée des purs concepts de la raison, comme l'idée de l'existence de Dieu, l'homme a uniquement pour mission d'apporter des éclaircissements sur le déroulement matériel des phénomènes vitaux. A partir de Müller en Allemagne et de Cl. Bernard en France, le principe vital devint un concept théorique. La controverse entre vitalistes et mécanistes se réduisit à l'interprétation philosophique des phénomènes, indépendamment de l'objet ou de la méthode de recherche. Ici nous voyons le triomphe du rationalisme physico-chimique au cours du XIX^{ème} siècle²¹⁶. La science médicale put alors s'appuyer sur l'explication mathématique et sur l'expérimentation.

²¹⁶ La notion de 'rationalisme' apparaît d'abord en Allemagne dans l'ouvrage de J. Henle, *Handbuch der rationellen Pathologie*, en 1844. Cl Bernard la reprend à son compte, comme en témoignent les *Principes*

Mais une autre raison freina encore cette méthode jusque vers les années 1830 : l'incapacité à identifier et définir avec précision les maladies, à l'exception de quelques unes. Pourtant Sydenham avait ébauché le concept de spécificité des maladies. Mais ce fut surtout l'œuvre patiente des cliniciens par la confrontation anatomo-clinique (Laennec, Corvisart, Trousseau, Bouillaud...), impensable selon la tradition scolastique, qui a permis des comparaisons statistiques plus précises que celles de Louis. Dans le domaine de l'expérimentation il fallait « *pour appliquer les mathématiques [...] disposer d'une construction théorique et d'une mesurabilité c'est à dire d'un concept quantifiable* »²¹⁷. Ces conditions ont été réunies à partir des années 1840, avec entre autres Cl. Bernard et Ludwig. Cela ne signifie pas que l'expérimentation ait été nécessairement liée à la quantification. Quand Magendie étudiait sur l'animal l'effet de drogues toxiques comme la strychnine ou le rôle de la moelle épinière, quand Claude Bernard découvrait la vasomotricité d'origine nerveuse, il n'y avait encore rien à mesurer. Mais les connaissances qualitatives progressèrent, Claude Bernard fut alors amené à doser avec justesse la glycémie de ses lapins. En Allemagne, le groupe de 1847 prenant directement le chemin de la « physiologie-mathématique » annonça par la précision quantitative des phénomènes observés l'aspect incontournable en recherche médicale de la mesure quantitative.

Mais le fait de mesurer des paramètres ne met pas à l'abri de l'erreur. Comme le rappelle Bachelard : « *On se tromperait si l'on pensait qu'une connaissance quantitative échappe en principe aux dangers de la connaissance qualitative [...] La précision d'une mesure doit se référer constamment à la sensibilité de la méthode de mesure* »²¹⁸. Or on l'a vu, la précision des instruments jusqu'au XIX^{ème} siècle ne permettait pas de résultats toujours fiables et l'on peut s'étonner que certaines découvertes en physiologie aient été faites avec des calculs qui nous paraîtraient aujourd'hui critiquables. La mesure est possible dans les limites de la raison, grâce à une grandeur de référence relative. Les savants du XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècle ne connaissaient souvent pas de limite à l'application de la mesure, suivant alors leur imagination. Le corps humain obéit aux lois physico-chimiques. C'est en considérant cette approche et en améliorant les instruments de recherche que le médecin a appliqué judicieusement la mesure quantitative. C'est aussi en appliquant la mesure à ce qu'il connaît, au fur et à mesure de l'approfondissement de ses connaissances et à ce qu'il est possible de mesurer, qu'il a pu aussi faire des découvertes.

La recherche médicale aujourd'hui ne saurait se passer du calcul statistique. On s'est familiarisé avec les notions de « variance, d'écart-types, de Chi carré²¹⁹ » qui, selon D. Schwartz, permettent d'interpréter les données des sciences de la vie dont le caractère essentiel est la variabilité, obstacle qui paraissait insurmontable à nos prédécesseurs.

Dans la première moitié du XIX^{ème} siècle la France apparut comme le phare de la médecine qui attirait nombre d'étudiants étrangers grâce à ses cliniciens prestigieux, mais après 1850 elle fut dépassée par l'Angleterre et l'Allemagne qui adoptèrent plus vite qu'elle les sciences annexes

de médecine expérimentale : « *La médecine est l'art de guérir mais il faut en faire la science de guérir. L'art c'est l'empirisme de guérir. La science c'est le rationalisme de guérir* ». p 394-395. Cité par Richard J., op. cit., note de bas de page numéro 70, p 570.

²¹⁷ Guedje D., *L'empire des nombres*, Gallimard, 1996.

²¹⁸ Bachelard G., op. cit., pp 211 à 237.

²¹⁹ Chi carré = chi deux.

comme la physique et la chimie qui imposaient le recours aux mathématiques. Longtemps encore la médecine française dormit sur le mythe de la suprématie de la clinique. Étonnant paradoxe, c'est la quantification qui actuellement vient au secours de la clinique, lorsqu'on évalue le caractère de signification d'un symptôme, d'un signe ou d'un test en calculant leur sensibilité et leur spécificité.

La mesure quantitative en médecine a donc progressé plus lentement et plus tardivement que son application en physique. Les phénomènes croissaient en complexité à mesure qu'on passait d'une science à l'autre. Les phénomènes mécaniques se laissaient mesurer avec une relative aisance, depuis le XVII^{ème} siècle. La médecine avait accédé au statut de science au milieu du XIX^{ème} et la quantification se systématisait. Il n'en était pas de même pour les comportements sociaux. Les méthodes quantitatives n'apparurent dans les sciences sociales qu'au début du XX^{ème} siècle.

BIBLIOGRAPHIE:

ENCYCLOPEDIES ET DICTIONNAIRES:

Sous la direction de Roshdi Rashed, *Histoire des sciences arabes*, édition Seuil, Paris 1997. 3^{ème} tome.

Le nouveau dictionnaire des œuvres, Laffont, Bompiani, collection Bouquin édition R. Laffont, 1980. réédition 1999.

L'*Encyclopédie* de Diderot et D'Alembert. articles cités : art. *Suc Moelleux* et *Ténacité des os* par Troja (supplément de 1777); art. *Mécanisme* (tome 3 supplément de 1777) et art. *Physiologie* (tome 4 supplément de 1777) par Haller A. von; art. *Chaise de Sanctorius* par Diderot (1753) ; art. *Degré* et le *Discours préliminaire* par D'Alembert (1750); art. *Crise* par Th. Bordeu (1754) ; art. *Pouls* par Menuret de Chambaud (1765) ; art. *Thermomètre*.

Bariety J. et Coury Ch., *Histoire de la médecine*, édition Fayard, 1963.

Le nouveau dictionnaire des oeuvres, éd R. Laffont, 7 volumes, première édition 1954, cinquième édition 1994.

OUVRAGES D'HISTOIRE DE LA MEDECINE :

- Bachelard G., *La formation de l'esprit scientifique*, première édition 1938, Librairie philosophique J. Vrin, Paris 1999. 257 p.
- Bensaude-Vincent B., *Lavoisier, Mémoire d'une révolution*, Collection Figure de la science, éd Flammarion, France 1993. 469 p.
- Foucault M., *Naissance de la clinique*, collection quadrige aux PUF, première éd 1963, septième éd 2003. 214 p.
- Grmek M., *Le chaudron de Médée (l'expérimentation sur le vivant dans l'antiquité)*, Collection les empêcheurs de penser en rond, 1997. 170 p.
- Grmek M., *Le legs de Claude Bernard*, éd Fayard, France 1997. 439 p.
- Grmek M., *La première révolution biologique*, édition Payot, Paris 1990.
- Grmek M. (sous la direction de), *Histoire de la pensée médicale en occident*, 3 tomes, édition Seuil, Paris 1997.
- Jacquart D. et Micheau F., *La médecine arabe et l'occident médiéval*, édition Maison-neuve et Larose, Paris 1996.
- Labussière J-L., « *Puissance et impuissance de la mesure au siècle des lumières* », in *Acte de colloque à Lyon III : La mesure, instruments et philosophie*, éd Champ Vallon, Seyssel, 1994, pp 244 à 251.
- Pariante L., *Les premiers instruments de mesure du pouls et de la pression artérielle*, édition L. Pariante, 1979. 113 p.
- Shryock R. H., *Histoire de la médecine moderne*, édition Armand Colin, Paris, 1956. 311 p.
- Postel-Vinay N. (sous la direction de), *Impressions artérielles, 100 ans d'hypertension 1896-1996*, éd Maloine/Imothep, France 1996. 234 p.
- Villey R., *Histoire du diagnostic médical*, éd Masson, Paris 1979. 219 p.
- Wit H. C. D., *Histoire du développement de la biologie*, presses polytechnique et universitaire romandes, Lausanne, 1992, 3 tomes.

THESES

André A. épouse Peyron, *Voyage en Angleterre de R. H. Bertin*, thèse de médecine, Nantes 1979.

Richard J., *Expérience, observation et expérimentation en médecine, au XVIIIème siècle*, thèse de science Nantes 1999. 700 p.

Thébaud D., *Laennec précurseur de la méthode numérique en médecine*, thèse de médecine, Nantes, 1981.

Wiriot Mireille, *L'enseignement clinique dans les hôpitaux de Paris en 1794 et 1848*, thèse de médecine, Paris, 1970. (BIUM, côte 63 023). 227 p.

ARTICLES DE PERIODIQUES :

Léonard J., « *La méthode numérique en médecine au 19 siècle* », in sciences et techniques en perspectives, éd Dhombres J., années 1985-1896, volume 10, pp 66 à 77.

Nicolet Cl, article « *Fin(s) de l'histoire ?* », in journal *Le monde*, 2003, le 22 octobre, p 17.

AUTRES OUVRAGES :

- Bacon F., *Novum Organum*, première édition latine en 1620, éd Épiméthée puf, Paris 1986. 350 p.
- Bernard Cl., *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, première éd 1865 ; éd champs Flammarion, Paris 1984. 318 p.
- Bernard Cl., *Principes de médecine expérimentale*, Manuscrit édité par P. Delhomme, Paris, 1947 ; nouvelles édition : les classiques de la médecine PUF, Alliance culturelles du livre, Genève Paris Bruxelles, 1963. 460 p.
- Bichat X., *Recherches physiologiques sur la vie et a mort*, première édition les classiques de la médecine PUF, Alliance culturelles du livre, Genève Paris Bruxelles 1962. 349 p.
- Bouillaud J. B., *Dissertation sur les généralités de la clinique médicale*, 1831, (BIUM, cote 50 001 15).
- Bulletin de L'académie royale de médecine, Discussion sur la statistique médicale, Année 1836 et 1837, éd Baillère, Librairie de l'académie Royale de médecine, pp 588 à 842. (disponible sur place à la bibliothèque de l'académie nationale de médecine de Paris).
- Descartes, *Discours de la méthode*, première éd 1637, édition Flammarion, 1992. 261 p.
- Harvey W., *La circulation du sang*,; première édition latine en 1628 ; traduction de C. Richet, les classiques de la médecine PUF, Alliance culturelle du livre, Genève Paris Bruxelles, 1962. 229 p.
- Hippocrate, *Oeuvres complètes*, Traduction de Littré, édité sous la direction de Maurice Robert, Union Littéraire et artistique, Paris, 5 volumes, 1955, exemplaire numéro 3142.
- Kant E., *Critique de la raison pure*, première édition allemande 1781, éd quadriges aux PUF, Paris, 2001. 584 p.
- Kant E., *Critique de la faculté de juger*, première édition allemande 1781, éd Flammarion Paris 1995. 540 p.
- Lavoisier et Laplace, *Mémoire sur la chaleur*, Histoire de l'Académie Royale des sciences, 1784, p 355-408.
- Lavoisier et Seguin, *Premier mémoire sur la respiration des animaux*, Histoire de l'Académie des sciences, paru en deux parties, en 1789 : pp 566-585 et en 1790 : pp 601-613.
- Ozanam Ch., *La circulation et le pouls (histoire, physiologie, sémiologie)*, éd Baillère, 1886.

Vu, le Président du Jury,

Vu, le Directeur de Thèse,

Vu, le Doyen de la Faculté,

NOM : EVANNO

PRENOM : François

Titre de Thèse :

INTRODUCTION DES MESURES QUANTITATIVES EN MEDECINE.

RESUME

La mesure quantitative a été introduite en médecine plus tardivement que dans les autres sciences comme la physique et l’astronomie et ceci pour plusieurs raisons.

Longtemps la tradition scolastique héritière d’Hippocrate et de Galien empêche la quantification précise des qualités en médecine. A partir du XVIIème siècle, les physiciens tels que Newton et Galilée donnent l’impulsion à la quantification de la nature. W. Harvey démontre la circulation sanguine, par un raisonnement quantitatif. Santorio procède aux premières mesures instrumentales chez l’homme. Mais les oppositions à l’application de la mesure quantitative sont venues, aussi bien des philosophes (Buffon, Diderot) que des savants et médecins (Newton, Bordeu, Bichat). Pour ces opposants, il y a trop de variations dans le phénomène vivant pour qu’il soit quantifiable. Les mécanistes (Descartes, Borelli) voyant le corps humain comme une machine sont incapables de trouver les lois qui le régissent.

Au milieu du XIXème siècle les systèmes explicatifs a priori, tels que le vitalisme, restent du domaine de la philosophie. La médecine se base progressivement sur l’expérimentation et les mathématiques.

La précision et la sensibilité de la mesure quantitative par des instruments, ses limites floues ne permettaient pas, jusqu’au milieu du XIX ème siècle, de résultats fiables.

Enfin, il faut attendre que les connaissances du corps humain et des maladies soient suffisantes. Le rapprochement de l’anatomie avec la clinique par l’école de Paris, et l’amélioration de la méthode numérique vers le milieu du XIXème siècle permettent l’application de la mesure quantitative. A partir de Bernard Cl ; et Ludwig C., la démarche expérimentale et la mesure quantitative se systématisent.

MOTS-CLEFS

médecine, mesure quantitative, expérimentation, physiologie.