

6^e LEÇON

MÉTHODE DES SCIENCES DE LA NATURE

I. — OBJET, DIVISION, MÉTHODE DES SCIENCES DE LA NATURE

Leur objet. — Les *sciences physiques* ont pour objet d'expliquer les phénomènes de la nature, c'est-à-dire de découvrir les causes qui les produisent et les lois qui les régissent; les *sciences naturelles* ont pour but la connaissance de la nature elle-même, tant dans sa constitution propre que dans ses manifestations (phénomènes géologiques et phénomènes vitaux).

Les unes et les autres ont à résoudre successivement deux problèmes : avoir une connaissance exacte des *êtres* et des *faits* en eux-mêmes, ce qui est l'objet de l'observation et de l'expérimentation; puis, de la connaissance des êtres et des faits, passer à celle des *lois* et des *causes*, ce qu'on fait par l'induction.

Négliger le premier problème, c'est rendre la science hypothétique et incertaine : on ne devine pas, les yeux fermés, les lois des choses réelles, on les dégage de l'analyse des choses mêmes. Négliger le second, c'est transformer la science en une érudition indigeste et stérile. Ce n'est qu'au moment où les lois et les causes se dégagent que la science prend naissance.

La science est *du savoir coordonné*. Observer suffit pour connaître les faits; pour les coordonner, c'est-à-dire pour constituer la science, il faut comparer, abstraire, généraliser : une collection de faits incohérents n'est pas la science. La comparaison amène d'abord à constater des analogies et des différences, puis à définir et à classer. Les idées générales ne sont, au fond, que des analogies générales, dans lesquelles on fait rentrer, on classe plusieurs séries d'êtres ou de faits. Quand on a formé une *série de séries*, on a une *science*. La science proprement dite serait la série universelle des faits et des lois; ne pouvant l'avoir, on entend par là le savoir humain tel qu'il est actuellement coordonné.

Quand il s'agit d'êtres constitués, tels que minéraux, plantes, animaux, la science se propose de trouver l'ordre ou *loi de coexistence* des caractères, c'est-à-dire *des types*; quand il s'agit de faits ou phénomènes, comme la chute d'un corps, la liquéfaction d'un métal, la solidification d'un gaz ou d'un liquide, la science cherche l'ordre ou *loi de succession*. Dans un cas comme dans l'autre, il s'agit de trouver un *rapport général et constant* de simultanéité ou de succession entre un phénomène ou un groupe de phénomènes *conditionnant*, et un phénomène ou un groupe de phénomènes *conditionné*.

Il importe d'avoir le sens précis de ces termes : *cause*, *loi*, *type*. On a déjà vu (*Préliminaires*, 1^{re} leçon) la différence entre la *cause* et la *loi*. Voyons celle qu'il y a entre la *loi* et le *type*. — La *loi* implique l'idée de phénomènes *successifs*; le *type*, celle de phénomènes ou de caractères *simultanés*. La *loi* est le *lien*, la *consécution constante des phénomènes*. Exemple : la loi de la dilatation des gaz. Le *type* est le *rapport de coexistence des caractères*, le rapport constant et immuable des formes. Exemple : le type vertébré, le type mollusque.

A côté de cette différence entre la *loi* et le *type*, se place naturellement celle qu'il y a entre le *type* et le *genre*, qu'il convient de dégager. Le *type* est la *notion générale* considérée au point de vue de la *compréhension*, c'est-à-dire de la somme des caractères qu'elle renferme; le *genre*, la *notion générale* considérée au point de vue de l'*extension*, c'est-à-dire du nombre d'êtres qui, possédant en commun ces caractères, sont groupés sous cette notion. Ainsi la notion de *vertébré* est à la fois un *type* (une nature, une essence, un mode d'organisation) et un *genre* (un certain groupe d'animaux).

Quand on dégage le type ou l'essence des êtres, on les *définit*; quand on les groupe d'après leurs ressemblances ou leurs caractères communs, on les *classe*. « La généralisation, en tant qu'elle dégage les types ou les rapports de coexistence des caractères, se nomme *définition*; en tant qu'elle dégage les genres ou les rapports de ressemblance des êtres, elle se nomme *classification*. » (RABIER, *Logique*.)

Dans les classifications de zoologie, on a multiplié le nombre des *embranchements*, et on leur a donné le nom de *types* : vertébré, articulé ou arthropode, ver, mollusque, tunicier, échinoderme, coelentéré, protozoaire.

Division et méthode. — Les sciences de la nature comprennent deux groupes principaux : les sciences *physiques* étudient les propriétés générales de la matière et les phénomènes généraux qui se produisent dans tous les corps : mouvements, changements d'état, de forme; et les sciences *naturelles* décrivent les caractères des corps inorganiques dont le globe est composé et des êtres organisés qui vivent à sa surface.

Les premières renferment l'*astronomie*, la *physique* et la *chimie*; les secondes comprennent les sciences qui s'occupent spécialement de corps bruts, la *minéralogie* et la *géologie*, et celles qui ont pour objet l'étude des corps vivants.

Cette étude se fait de deux manières différentes : 1^o si elle traite de la vie dans toutes ses manifestations individuelles, tant dans les animaux que dans les végétaux, elle est appelée du nom général de *science biologique*; 2^o si elle traite des rapports que leur organisation permet d'établir entre les êtres, elle reçoit le nom de *classification* (zoologie et botanique *descriptives*).

Les sciences biologiques s'appuient sur la *physiologie* et sur la *pathologie*, qui n'est que la physiologie des cas morbides; les sciences de classification s'appuient sur l'*anatomie* et l'*embryogénie*. L'anatomie s'aide de l'*histologie*, qui n'en est qu'une forme spéciale.

Ces sciences sont solidaires. Les sciences naturelles ne peuvent rien expliquer sans la physique et la chimie. La chimie emprunte à la physique ses théories de la chaleur, de l'électricité, de la pesanteur; la physique se réclame de la chimie pour les piles électriques, etc.

Pour se constituer, ces sciences emploient l'*observation*, l'*expérimentation*, l'*hypothèse*, l'*analogie*, la *classification* et l'*induction*. On sait que ce sont là les procédés de la méthode inductive ou expérimentale. (Voir p. 35.)

« L'homme, dit Cl. Bernard, ne se borne pas à voir, il pense et veut connaître la signification du phénomène dont l'observation lui a révélé l'existence. Pour cela il raisonne, compare les faits, les interroge et, par les réponses qu'il en tire, les contrôle les uns par les autres. C'est ce genre de contrôle, au moyen

du raisonnement et des faits, qui constitue à proprement parler l'expérience... Le savant complet embrasse à la fois la théorie et la pratique expérimentale : 1^o il constate un fait (*observation* ou expérience passive); 2^o à propos de ce fait une *idée* naît dans son esprit (*supposition* ou *hypothèse* que la raison lui suggère et qui donne un but à ses expériences); 3^o en vue de cette idée, il raisonne, institue une expérience, imagine et en réalise les conditions matérielles (*expérimentation* ou expérience active); 4^o de cette expérience résultent de nouveaux phénomènes qu'il faut observer, et ainsi de suite. » Ainsi, *constater, supposer, expérimenter*, voilà les trois moments principaux du raisonnement expérimental qui précèdent le raisonnement inductif proprement dit et y conduisent, et c'est celui-ci qui passe du particulier au général, c'est-à-dire que, de la relation observée et vérifiée entre deux phénomènes, il fait sortir une loi.

II. — OBSERVATION

Définition. — Observer, c'est *considérer attentivement un être ou un phénomène pour en découvrir la nature ou la loi, les causes et les effets*; c'est voir un être tel qu'il est, un phénomène tel qu'il se produit, sans rien omettre, sans rien ajouter.

L'observation n'est pas chose aisée. « On peut voir mille fois le même phénomène sans l'observer. Observer, c'est choisir; car celui qui regarde tout à la fois n'observe pas. Observer, c'est idéaliser le phénomène qui est devant nous, c'est le changer en pensée. Un enfant voit osciller une lampe ou tomber une pomme, c'est un jeu pour ses sens et pour son imagination; pour un Galilée, pour un Newton, ces deux phénomènes ne sont que les signes des lois générales et universelles. » (P. JANET.)

L'*esprit d'observation* est le caractère propre du génie scientifique et la condition de toute découverte. Il se manifeste par une curiosité scientifique toujours en éveil, par ce qu'on pourrait appeler le *flair* des faits *significatifs*, par l'aptitude à saisir les ressemblances et à faire des assimilations, des identifications entre les êtres ou les faits. (Voir *Psychologie*, p. 124, le rôle de l'attention dans les découvertes scientifiques.) « Le fait brut, dit Cl. Bernard, n'est pas scientifique; » il le devient lorsque l'esprit, percevant les apparences, saisit l'idée ou le système d'idées qu'il recèle. « Le cours de la nature n'offre à chaque instant, au premier coup d'œil, qu'un chaos suivi d'un autre chaos de faits isolés. Il faut que nous apprenions à voir dans un antécédent chaotique une multitude d'antécédents distincts, et dans le conséquent chaotique une multitude de conséquents distincts. » (S. MILL.)

Moyens d'observation. — L'observation se fait, dans les sciences physiques et naturelles, par les *sens* et par des instruments qui en augmentent, soit la portée naturelle (téléscope, microscope, microphone), soit la précision (balance, thermomètre, électroscope, galvanomètre, etc.), qui les suppléent même, en bien des cas, et font automatiquement l'observation.

La mobilité et l'inégalité des impressions, les imperfections multiples des organes, l'interprétation des données des sens (Voir *Psychologie*, p. 130), étant autant de causes d'erreur, on cherche à faire l'observation en supprimant le plus possible l'action directe de l'observateur. On y arrive au moyen des *appareils enregistreurs*, tels que le *météorographe* du P. Secchi, où s'enregistrent, sur un même tableau, la direction et la vitesse du vent, la pression barométrique, le degré d'humidité de l'air, l'heure de la pluie et la quantité de pluie tombée;

le *cardiographe* de Marey, qui inscrit directement, sous forme graphique, les pulsations du cœur; le *kymographe*, qui note les variations que subit la pression du sang dans les artères; le *sphygmographe*, qui sert à apprécier la fréquence et les irrégularités du pouls, les variations du diamètre du vaisseau au passage de l'ondée sanguine. La *photographie* elle-même est un précieux instrument d'observation pour les menus détails, pour les faits fugitifs. La plaque photographique est comme un œil nouveau que s'est donné le savant, en bien des cas mieux doué que l'œil véritable.

Il faut que les sens soient exercés, pour donner des observations scientifiques, que les instruments soient précis, vérifiés, et qu'on sache calculer et corriger les erreurs dont ils sont susceptibles.

J.-B. Dumas fait ressortir l'importance capitale de l'observation des petits phénomènes. « Ce qui fait marcher les sciences, dit-il, c'est le plus souvent un détail presque insensible, observé avec des instruments délicats, mesuré avec précision, contrôlé et poursuivi dans ses conséquences avec une logique patiente. Ceux qui croient que, dans l'étude de la nature, les grandes choses naissent des grandes occasions se trompent. Le germe d'une idée, comme celui des êtres vivants, reste invisible jusqu'à ce qu'il trouve son terrain, et débute, comme eux, faible, débile et caché. » (*Éloges académiques*.)

Règles de l'observation. — Elle doit être *détaillée, complète, méthodique*.

Il faut chercher, par l'analyse, les faits élémentaires; noter avec méthode, c'est-à-dire en les coordonnant, les caractères du fait observé et les circonstances de toute nature dans lesquelles il s'est produit; arriver, autant que possible, à les *mesurer*; tenir compte de l'état physique et de l'état moral de l'observateur; enfin vérifier les résultats, soit en répétant les observations, soit en recourant à l'expérimentation (ces règles sont complétées plus loin par les *qualités* de l'observateur).

Insuffisance de l'observation. — En général, l'observation pure ne peut distinguer, entre deux phénomènes simultanés dans l'ordre du temps, celui qui doit être appelé *cause* et celui qui doit être appelé *effet*. Elle ne saisit que des rapports de succession, de coexistence, de rapprochement ou d'éloignement dans l'espace, de similitude ou de dissemblance de nature. Le véritable rapport de dépendance causale lui échappe.

La météorologie, par exemple, qui est une science d'observation, n'a commencé à faire quelques progrès et à donner des résultats certains qu'à partir du moment où l'électricité artificielle a produit en petit les phénomènes de la foudre.

L'astronomie mathématique semble, au premier abord, en dehors de cette loi. Elle paraît appuyée sur l'observation pure. Mais ce n'est qu'une apparence; en réalité, l'expérimentation a son rôle en astronomie, non pas que nous puissions reproduire les mouvements des astres, mais parce que nous appliquons aux astres des données recueillies par de véritables expériences faites sur des objets à notre portée¹.

¹ *Esprit d'observation.* — L'esprit d'observation n'a pas moins d'importance dans les sciences morales et dans la vie pratique que dans les sciences de la nature. Remarquer les faits dont on est témoin, se rendre compte de la conduite des hommes et de la suite des

III. — EXPÉRIMENTATION

Expérimentation. — *Expérimenter, c'est provoquer artificiellement les phénomènes dans des conditions déterminées, pour les mieux observer.* « L'observateur écoute la nature, l'expérimentateur l'interroge et la force à se dévoiler. » (CUVIER.)

L'expérimentation, c'est l'observation *provoquée* et perfectionnée; c'est le moyen qui constitue en grande partie l'art de l'investigation scientifique.

Les laboratoires sont remplis d'instruments destinés à constater, à produire artificiellement, à mesurer des phénomènes. En produisant ou en supprimant à volonté telle circonstance, l'expérimentateur produit, supprime ou modifie tel effet; ou, si aucune conséquence ne se produit sur l'effet, il en conclut qu'elle lui est étrangère.

Claude Bernard définit l'expérimentation: « l'art de provoquer les phénomènes par des moyens appropriés, dans des conditions choisies et déterminées par le but que l'on se propose. » L'expérimentation implique donc une *idée préconçue* et a pour but de la vérifier. Sans une idée directrice, l'expérimentation n'est « qu'un pur tâtonnement, capable d'étonner plutôt que d'instruire ». (BACON.) Lorsque Pascal, par ex., imagina l'expérience du puy de Dôme, il avait cette idée préconçue, que si l'air est pesant, la pression doit être moindre en haut qu'en bas, et que par conséquent, en transportant le baromètre sur le haut de la montagne, la colonne barométrique devra baisser d'autant plus qu'on s'élève davantage. C'est ce que l'expérience a démontré. — Cette idée préconçue a cependant son danger, comme on le verra plus loin; elle fausse l'observation au lieu de la diriger, si le savant s'y asservit et ne voit qu'elle.

Quelquefois l'idée directrice fait défaut, et on la cherche, comme il arrive dans les choses nouvelles. On fait alors des expériences de *tâtonnement*, des expériences *pour voir*.

Règles de l'expérimentation. — Il faut *varier, étendre, renverser* l'expérimentation.

Varier et étendre. — La variation de l'expérience peut porter sur les sujets de l'expérience ou sur la cause qui agit.

Pour vérifier la loi de Mariotte que, la température restant la même, le volume des gaz est en raison inverse de la pression qu'ils supportent, on expérimente successivement sur les différents gaz, en augmentant peu à peu les pressions. — On constate les effets d'un poison soit en variant les doses sur le même animal, soit en prenant des animaux différents. — On peut essayer si des causes en apparence différentes, comme les anesthésiques (chloroforme, éther, cocaïne), produisent les mêmes effets, et dans quelle mesure.

événements, en découvrir les causes, en suivre les effets, c'est le moyen d'acquiescer de l'expérience, de prévoir avec probabilité ce qui arrivera. Il ne suffit pas d'avoir beaucoup vu pour avoir beaucoup appris et retenu.

Que d'hommes qui voient et n'observent pas! Ils ont beau vivre longtemps, ils n'apprennent rien; le spectacle de la vie est un livre fermé pour eux: ils ne savent pas y lire.

Quand la variation porte sur la quantité, elle se confond avec l'extension, soit qu'on prolonge plus longtemps l'expérience, soit qu'on augmente la quantité de matière ou l'énergie des causes. C'est en étendant l'expérience au plus grand nombre de faits que l'on arrive à bien constater et à rendre évidents les caractères ou les rapports généraux.

Renverser. — *Renverser l'expérimentation, c'est faire la contre-épreuve, c'est contrôler l'emploi d'un procédé par l'emploi du procédé inverse; faire succéder, par exemple, la synthèse à l'analyse, ou faire agir sur un même sujet des causes contraires.*

Pour montrer que la génération spontanée est une chimère et que toute génération est le résultat de germes ou corpuscules organiques disséminés dans l'atmosphère, Pasteur introduit et supprime tour à tour les germes et obtient ainsi ou supprime à volonté les productions d'organismes. — L'eau ou le mercure soumis au froid se solidifient; soumis à la chaleur, ils se réduisent en vapeur.

Puissance de l'expérimentation. — L'expérimentateur met en présence les substances dont il veut étudier la nature et voit les phénomènes se produire en conséquence de leurs relations; c'est ainsi qu'il atteint le lien causal entre les substances et les phénomènes.

Puis l'expérimentateur isole les causes. Il interrompt la série générale des phénomènes; il dispose un certain nombre de substances déterminées dans un certain rapport; il écarte l'action des autres substances ou des phénomènes antérieurs, ou tout au moins il en élimine l'effet, en modifiant à son gré les conditions du phénomène. Par là, il détermine exactement un certain antécédent nettement délimité, et peut observer utilement le rapport de cet antécédent avec son conséquent.

Enfin il atteint, pour ainsi dire, d'une manière directe, le lien de dépendance causale entre un certain groupe de substances et certains phénomènes. Produisant et modifiant à son gré le groupe de substances, il voit paraître, disparaître ou varier l'effet; il ne saurait douter alors de la dépendance réelle dans laquelle l'effet se trouve par rapport à la cause. Ce n'est pas la simple succession ou la coexistence, c'est la dépendance indirecte dans laquelle l'effet se trouve par rapport à sa propre volonté qui prouve le lien causal. Chaque fois qu'il le veut, l'effet se produit; mais il ne se produit que lorsqu'il a posé la cause. La cause est donc l'intermédiaire entre sa volonté et l'effet, il faut donc qu'elle soit liée à cet effet. Ainsi, avec l'expérimentation, point de doute sur la vraie cause déterminante d'un fait donné; point de confusion, quand il s'agit de faits simultanés, entre la cause et l'effet.

Cette puissance de l'expérimentation vient principalement de ce qu'elle est un acte de liberté. Expérimenter, en effet, c'est produire à son gré, c'est-à-dire librement, les phénomènes; c'est rompre la chaîne des causes secondes, modifier le cours de la nature, introduire un élément étranger dans la série des causes.

Pourquoi, quand nous observons simplement une série de phénomènes, ne pouvons-nous pas attribuer à chacun la cause qui lui convient et qui le détermine? C'est parce que les causes naturelles sont mêlées et enchevêtrées, de telle sorte que nous ne pouvons pas savoir si un fait est déterminé par les causes qui l'accompagnent actuellement ou par d'autres causes.

L'expérimentation isole certaines causes, en établissant un rapport constant entre l'effet d'une part, et d'autre part la volonté arbitraire de l'expérimentateur, par l'intermédiaire d'autres causes. Il en résulte que l'effet, lié indirectement à

la volonté de l'expérimentateur, est lié directement au groupe de causes dont l'expérimentateur dispose.

C'est parce que notre activité n'est pas engagée dans la série nécessaire des causes, déterminées et déterminantes à la fois, qu'elle est capable de s'isoler elle-même et d'isoler un groupe spécial de causes et d'effets¹.

Qualités de l'observateur et de l'expérimentateur. — La première qualité de l'observateur, c'est d'être *curieux*, de cette *curiosité scientifique* qui est le besoin de tout comprendre et de tout expliquer. Puis il doit être :

Patient : ne pas craindre la peine, ne pas épargner son temps. Chaque phénomène comprend une infinité de détails, chaque loi est engagée dans un réseau complexe de faits : la nature chemine d'ordinaire lentement. Il faut se défier de l'imagination, qui est impatiente. M. Pasteur a observé plus de cinquante mille vers à soie pour découvrir leur maladie².

Attentif : considérer l'objet ou le phénomène sous tous ses aspects, dans tous ses rapports. L'attention *élective* est essentielle à l'observation. (Voir *Psychologie*, page 124.) L'attention ne doit pas seulement être patiente, elle doit être *pénétrante* : démêler ce qui est essentiel de ce qui est accessoire.

Adroit et méthodique : se plier aux circonstances et trouver des ressources en face des obstacles ; procéder avec ordre : c'est la méthode qui donne de la cohésion aux efforts, de l'unité aux observations.

Exact : signaler tout ce qu'il voit et rien que ce qu'il voit ; obtenir et donner des *mesures précises* pour le nombre et le degré. En chimie, par exemple, la détermination des proportions définies dans lesquelles les corps se combinent est d'une importance capitale. « Ce n'est pas seulement à préserver d'évaluations inexactes que sert la précision numérique ; elle est véritablement l'âme de la science, la pierre de touche à laquelle on reconnaît la vérité des théories, l'exactitude des expériences. » (HERSCHELL.)

Impartial et indépendant d'esprit : n'avoir qu'un désir, la vérité ; garder, comme le dit Cl. Bernard, « une entière liberté d'esprit assise sur le *doute philosophique*,... écouter la nature et écrire sous sa dictée. »

¹ Cet article résume quelques pages de l'abbé de Broglie, dans le *Positivisme et la science expérimentale*.

² « Croire que l'on a trouvé un fait scientifique important, avoir la fièvre de l'annoncer, et se contraindre des journées, des semaines, parfois des années à se combattre soi-même, à s'efforcer de ruiner ses propres expériences, et ne proclamer sa découverte que lorsqu'on a épuisé toutes les hypothèses contraires, c'est une tâche ardue. » (PASTEUR, *Inauguration de l'Institut Pasteur*.)

Cl. Bernard ayant prouvé à Magendie que celui-ci s'était trompé en reconnaissant de l'alumine dans le suc pancréatique, Magendie lui écrivit : « Cette dissidence entre nous vient de ce que j'ai conclu plus que je n'ai vu. Si j'avais dit simplement : Le suc pancréatique est un liquide coagulable par la chaleur, je serais resté dans le fait, et j'aurais été inattaquable. »

« Dès que la nature parle, il doit se taire ; il doit constater ce qu'elle répond, écouter jusqu'au bout et, dans tous les cas, se soumettre à ses décisions... L'expérimentateur qui continue à garder son idée préconçue, et qui ne constate les résultats de l'expérience qu'à ce point de vue, tombe nécessairement dans l'erreur, parce qu'il néglige de constater ce qu'il n'avait pas prévu et fait alors une observation incomplète. L'expérimentateur ne doit pas tenir à son idée autrement que comme à un moyen de solliciter une réponse de la nature. » (*Introduction à la médecine expérimentale*.) Le même grand physiologiste ajoute qu'il « importe de bien déterminer sur quel point doit porter le doute, afin de le distinguer du scepticisme et de montrer comment le doute scientifique devient un élément de plus grande certitude. Le sceptique est celui qui ne croit pas à la science et qui croit à lui-même ; il croit assez en lui pour oser nier la science et affirmer qu'elle n'est pas soumise à des lois fixes et déterminées. Le douteur est le vrai savant ; il ne doute que de lui-même et de son interprétation, mais il croit à la science, il admet, dans les sciences expérimentales, un criterium ou un principe scientifique absolu. Ce principe est le déterminisme des phénomènes ».

Sciences expérimentales, sciences d'observation. — *Toute science est expérimentale à quelque degré* ; car elle a pour but de connaître son objet tel qu'il est et non tel qu'on imagine qu'il peut ou qu'il doit être. Les sciences les plus abstraites ont l'expérience pour point de départ, en ce sens que toute spéculation repose, à l'origine, sur des données expérimentales. La théodicée, par exemple, repose sur le fait de l'existence de Dieu, qui nous est attestée elle-même par un fait d'expérience : l'existence des créatures, êtres contingents, n'ayant pas en eux-mêmes leur raison d'être. La métaphysique, science de l'être en général, tient de l'expérience l'idée d'être elle-même.

La classification des sciences en *abstraites* et *expérimentales* ne serait pas exacte, si on entendait nier par là le rôle de l'expérience dans les sciences abstraites.

On appelle *proprement sciences d'observation* celles qui ont recours à l'observation plus qu'à l'expérience ; par exemple, l'astronomie, la météorologie : on ne provoque pas à son gré une éclipse ou un orage. On a cependant essayé de produire des pluies artificielles, et le spectroscopie a permis de déterminer la nature chimique des corps qui constituent l'atmosphère lumineuse des astres. La géologie elle-même, qui semble ne devoir être qu'une science d'observation, a essayé de refaire artificiellement, dans les laboratoires, les couches de terrain, et a imité la formation des cristaux et des roches. En psychologie, l'expérimentation est difficile, elle n'est pas impossible ; le sujet peut se mettre lui-même dans les conditions où il sait que les phénomènes se produisent. En pédagogie, on expérimente un système de punitions, un système de récompenses, un système d'études ; en politique¹, un système de vote, de perception des impôts. En physique, en chimie, en physiologie, on observe et on expérimente ; et ces sciences sont dites *expérimentales* dans le sens plein du mot.

« Le but d'une science d'observation, dit Claude Bernard, est de découvrir les lois des phénomènes naturels, *afin de prévoir* ; mais elle ne saurait ni les modifier, ni les maîtriser à son gré. Le type de ces sciences est l'astronomie : nous pouvons prévoir les phénomènes astronomiques, mais nous ne saurions rien y changer. Le but d'une science *expérimentale* est de découvrir les lois des

¹ En politique et en pédagogie, il est bien des cas où il serait immoral de pratiquer l'expérience sous sa forme ordinaire. — En biologie, la pratique des vivisections est ainsi jugée par Cl. Bernard : « La science de la vie ne peut se constituer que par des expériences. L'on ne peut sauver de la mort des êtres vivants qu'après en avoir sacrifié d'autres ; il faut faire des expériences sur des hommes ou sur des animaux... Donc, s'il est immoral de faire sur un homme une expérience, dès qu'elle est dangereuse pour lui, quoique le résultat puisse être utile aux autres, il est essentiellement moral de faire sur un animal des expériences, quoique douloureuses et dangereuses pour lui, dès qu'elles peuvent être utiles pour l'homme. »

phénomènes naturels, non seulement pour les prévoir, mais dans le but de les régler à son gré et de s'en rendre maître; telles sont la physique et la chimie. — Ainsi, dans les premières, savoir, c'est prévoir; dans les secondes, savoir, c'est pouvoir.

On a cru longtemps que les sciences de la vie n'admettaient pas l'expérimentation; Magendie et Claude Bernard ont prouvé le contraire par de mémorables travaux.

IV. — HYPOTHÈSE

Définition, diverses sortes. — Dans son sens le plus général, le mot hypothèse signifie *supposition*; au sens scientifique, c'est une *explication provisoire* des faits, une *induction anticipée*. Quand on a observé un phénomène, on lui suppose une cause ou une loi. Cette supposition est le point de départ de toutes les expériences faites pour dégager la vraie cause ou la vraie loi.

On a donné de l'hypothèse la définition suivante, qui en indique la valeur relative: *expression d'une opinion ou d'une intuition personnelle sur un phénomène dont on cherche la cause ou la loi*.

Toutes les sciences ont leurs hypothèses. (On ne parle ici que de celles des sciences de la nature.) Expliquer les choses, c'est en dire les raisons, c'est-à-dire en déterminer les causes et les lois; de là deux principales sortes d'hypothèses: les hypothèses de cause et les hypothèses de loi.

Hypothèses de cause: en physique, les fluides impondérables; en physiologie, le fluide vital; en géologie, l'action des glaciers, l'action des volcans.

Hypothèses de loi: en histoire naturelle, celle de la sélection naturelle, de Darwin, pour rendre compte de la formation des espèces; en physique, pour la théorie de la lumière, on a abandonné l'hypothèse de l'émission, imaginée par Newton, et adopté celle des ondulations de l'éther, imaginée par Huyghens et plus tard par Fresnel.

On peut encore distinguer les hypothèses *particulières*, qui sont l'explication d'un seul fait: hypothèse de Torricelli, de Pascal, et les hypothèses *générales*, qui sont l'explication d'un groupe ou de plusieurs groupes de faits, réunis par une théorie: hypothèse de la *nébuleuse* (Laplace), hypothèse de l'*unité* des forces physiques (Descartes), hypothèse du *transformisme* (Darwin) pour expliquer les espèces vivantes, hypothèse de l'*évolution* (Spencer) pour expliquer l'univers entier (physique, moral, social).

Rôle de l'hypothèse dans la science. — « Le savant complet est celui qui embrasse à la fois la théorie et la pratique expérimentale: il constate un fait; à propos de ce fait, une idée naît dans son esprit; en vue de cette idée, il raisonne, il institue une expérience, en imagine et en réalise les conditions matérielles; de cette expérience résultent de nouveaux phénomènes qu'il faut observer, et ainsi de suite...

« Une idée anticipée ou une hypothèse est le point de départ nécessaire de tout raisonnement expérimental. Sans cela, on ne saurait faire aucune investigation, ni s'instruire; on ne pourrait qu'entasser des observations stériles. Si l'on expérimentait sans idée préconçue, on irait à l'aventure. » (CL. BERNARD.)

Toute découverte est donc la conception d'une idée autour de laquelle on groupe les faits. — Si l'idée est vérifiée par les faits, elle est acquise à la science, elle devient une loi; si elle n'est pas vérifiée, elle a du moins rendu des services: elle a permis de coordonner et de lier des faits qui restaient épars, et en a expliqué un certain nombre; elle a mis sur la voie des véritables causes ou des véritables lois des phénomènes, et conduit à des recherches nouvelles. Que de découvertes utiles, par exemple, ont été faites par les défenseurs ou les adversaires de l'hypothèse de Darwin et de la génération spontanée!

On donne généralement le nom de découverte à la connaissance d'un fait nouveau; mais c'est plutôt l'idée qui se rattache à ce fait qui constitue la découverte².

Les hypothèses ne sont pas la science, mais elles aident à la faire. Ce sont des essais, des ébauches, auxquels l'expérimentation laisse leur caractère provisoire, mais qui constituent un précieux instrument de recherche. « La théorie est l'hypothèse vérifiée, après qu'elle a été soumise au contrôle du raisonnement et de la critique expérimentale. » (CL. BERNARD.)

L'histoire des sciences physiques et naturelles montre qu'il n'y a guère de grandes découvertes qui n'aient été préparées par des hypothèses. Les tourbillons de Descartes, en substituant une théorie mécanique aux causes occultes, ont mis Newton sur la voie du système de la gravitation. Les lois de Képler sur les révolutions des planètes, le système de Huyghens sur l'anneau de Saturne, les conceptions de Cuvier sur les animaux fossiles, de Harvey sur la circulation du sang, l'idée émise par Buffon que l'état actuel du globe était le résultat de révolutions successives, l'interprétation des hiéroglyphes par Champollion, n'ont été d'abord que des hypothèses, que le temps et l'expérience ont vérifiées et transformées en incontestables vérités.

Caractères d'une bonne hypothèse. — Dumas, dans sa *Philosophie chimique*, a résumé ainsi les caractères d'une bonne hypothèse: « Elle sera suscitée par l'observation de *dix* faits; elle en expliquera *dix* autres déjà connus, mais qui n'étaient pas liés

¹ « D'une manière générale, une hypothèse fautive peut profiter à la science, parce qu'elle suscite elle-même les recherches qui doivent l'éliminer. Or toute élimination d'une hypothèse fautive est un pas vers le vrai. Comme le marin pour entrer au port, c'est en louvoyant que l'esprit bien souvent arrive à la vérité. » (RABIER, *Logique*.)

² « La découverte git dans l'idée. Les faits, sans l'idée, ne sont rien; car ils ne valent qu'en tant qu'ils expriment, manifestent, réalisent l'idée. L'idée ne vient donc pas à la suite des faits et à titre de simple corollaire; loin de là, les faits ne sont des faits que par la signification que leur donne l'idée. Il est pourtant d'usage, parmi nos savants, de dire que la théorie doit suivre les faits, et non les faits suivre la théorie... Ce qui trompe en ceci, c'est que l'on confond la démonstration de l'idée avec sa conception. Il faut sans doute des faits pour démontrer l'idée, ou, en d'autres termes, il faut que l'idée soit vraie, qu'elle soit vérifiable. Mais vérifier n'est pas découvrir. La découverte est la conception du principe idéal, régulateur des faits. C'est là l'œuvre créatrice et architectonique de l'esprit. » (L. PEISSE, *la Médecine et les Médecins*.) — Dans l'introduction de son *Dictionnaire*, Wurtz constate que « toutes les découvertes qui ont illustré les plus grands noms de la chimie dans ce siècle (Davy, Gay-Lussac, Thénard, Sainte-Claire Deville) découlent d'une idée, l'idée de la constitution des sels, émise par Lavoisier ».

M. E. Naville (*Logique de l'hypothèse*) a bien mis en relief le rôle nécessaire de l'hypothèse dans la science: « L'hypothèse est le facteur essentiel des sciences. Toute vérité est, sous sa forme première, une hypothèse qui n'a de valeur que lorsqu'elle est vérifiée, et qui, lorsqu'elle est vérifiée, devient, soit un théorème, soit une loi, soit enfin la détermination d'une classe, d'une cause ou d'un but. »

ensemble ni aux précédents; elle en fera découvrir *dix* nouveaux. Mais, la plupart du temps, elle finira par succomber devant *dix* derniers faits qui ne se lient pas aux précédents. »

On peut citer, comme exemple, une hypothèse de Dumas lui-même. La théorie que les végétaux sont appelés à produire des composés chimiques et les animaux à les détruire, fondée par Dumas et Boussingault, était suscitée par des faits connus, en expliquait un grand nombre, en a fait découvrir un grand nombre d'autres; mais elle est venue échouer devant la grande découverte de la fonction glycogénique du foie, par Cl. Bernard, d'où il résulte que le foie produisant du sucre sans en recevoir, les animaux, aussi bien que les végétaux, sont capables de créer des composés organiques.

Invention de l'hypothèse. — Il n'y a pas de règle pour concevoir ou *inventer* une hypothèse; il ne peut y en avoir que pour la *vérifier*. L'invention d'une idée, qui est l'âme d'une découverte, est affaire de génie, et le génie est un don.

« Il n'y a pas de règles à donner, dit Claude Bernard, pour faire naître dans le cerveau, à propos d'une observation donnée, une idée juste et féconde, qui soit pour l'expérimentateur une sorte d'anticipation intuitive de l'esprit vers une recherche heureuse. L'idée une fois émise, on peut seulement dire comment il faut la soumettre à des préceptes définis et à des règles logiques précises dont aucun expérimentateur ne saurait s'écarter; mais son apparition a été toute spontanée, car sa nature est tout individuelle. C'est un sentiment particulier, un *quid proprium*, qui constitue l'originalité, l'invention, le génie de chacun. Une idée neuve apparaît comme une relation nouvelle ou inattendue, que l'esprit aperçoit entre les choses. Toutes les intelligences se ressemblent sans doute, et des idées semblables peuvent naître chez tous les hommes, à l'occasion de certains rapports simples des objets que tout le monde peut saisir; mais, comme les sens, les intelligences n'ont pas toutes la même puissance ni la même acuité, et il est des rapports subtils et délicats qui ne peuvent être sentis que par des esprits plus perspicaces, mieux doués et placés dans un milieu intellectuel qui les prédispose d'une manière favorable. »

Vérification de l'hypothèse. — Pour vérifier une hypothèse, il faut chercher :

1^o Si elle est d'accord avec tous les faits et les principes connus, ou, tout au moins, si elle n'est formellement contredite par aucun;

2^o Si elle rend compte de toutes les circonstances du fait et de tous les faits de même nature qui peuvent ou qui pourront rentrer dans l'hypothèse;

3^o Si les conséquences qui en découlent sont confirmées par l'expérience et le calcul, ce qui est proprement le caractère scientifique.

Ainsi cette hypothèse, que *la nature a horreur du vide*, n'a pas pu tenir contre ce fait que le mercure ne monte pas au-dessus de 0,76^m, dans un tube où l'on fait le vide; celle des *tourbillons*, de Descartes, a été condamnée du jour où d'Alembert en a déduit des conséquences contraires aux faits.

Une hypothèse qui permet de prédire des phénomènes, se réalisant à point nommé, offre de sérieux motifs de crédibilité.

Quelques hypothèses conçues sur la formation des minéraux que renferme la terre, ont pu trouver un commencement de vérification dans les essais tentés par quelques chimistes en vue de former ces minéraux, et si un jour les chimistes réalisaient toutes les espèces de minéraux, l'hypothèse serait pleinement vérifiée. L'hypothèse de l'incandescence primitive du globe terrestre, imaginée et avancée par Descartes, Leibniz et Buffon, est devenue une vérité scientifique, par l'étude des volcans, des sources d'eaux thermales, qui attestent l'existence d'un feu intérieur.

Comme beaux exemples d'hypothèses vérifiées, on peut citer encore : la circulation du sang; la loi de la gravitation universelle; la découverte de Neptune, suggérée à Leverrier par les perturbations d'Uranus.

Exemple plus détaillé d'une découverte expérimentale. — Un jour, on apporta dans le laboratoire de Claude Bernard des lapins venus du marché. On les plaça sur une table, où ils urinèrent. Le savant observa par hasard que leur urine était claire et acide; ce fait le frappa, parce que les lapins ont ordinairement l'urine trouble et alcaline, en leur qualité d'herbivores, tandis que les carnivores ont au contraire les urines claires et acides. — Voilà le fait à expliquer; il est fourni par une observation accidentelle. Cette observation d'acidité de l'urine chez le lapin fit venir à Claude Bernard la pensée que ces animaux devaient être dans la condition alimentaire des carnivores. Il supposa qu'ils n'avaient probablement pas mangé depuis longtemps et qu'ils se trouvaient ainsi transformés, par l'abstinence, en véritables animaux carnivores vivant de leur propre sang. — Voilà l'explication anticipée, l'hypothèse. — Il faut la vérifier. Alors intervient dans l'esprit de l'expérimentateur le raisonnement suivant, qui aboutit aux expériences propres à faire apparaître la vérité ou la fausseté de l'explication supposée : les urines des carnivores sont acides; or les lapins que voici ont des urines acides, donc ils sont carnivores. Il s'agissait donc d'établir que les lapins en question étaient devenus carnivores. « Rien n'était plus facile, dit Claude Bernard. Je donnai à manger de l'herbe aux lapins, et, quelques heures après, leurs urines étaient devenues troubles et alcalines. On soumit ensuite les mêmes lapins à l'abstinence, et, après vingt-quatre et trente-six heures au plus, leurs urines étaient devenues claires et fortement acides; puis elles devenaient de nouveau alcalines en leur donnant de l'herbe, etc. Je répétai cette expérience si simple un grand nombre de fois sur les lapins, et toujours avec le même résultat. Je la répétai ensuite chez le cheval, animal herbivore, qui a également l'urine trouble et alcaline. Je trouvai que l'abstinence produit, comme chez le lapin, une prompte acidité de l'urine. J'arrivai ainsi, à la suite de mes expériences, à cette proposition générale qui alors n'était pas connue, à savoir, qu'à jeun tous les animaux se nourrissent de viande. — Mais, pour prouver que mes lapins, à jeun, étaient bien des carnivores, il y avait une autre épreuve à faire. Il fallait réaliser expérimentalement un lapin carnivore, en le nourrissant avec de la viande, afin de savoir si les urines seraient alors claires et acides comme pendant l'abstinence. C'est pourquoi je fis nourrir des lapins avec du bœuf bouilli. Ma prévision fut encore vérifiée, et, pendant toute la durée de cette alimentation animale, les lapins gardèrent des urines claires et acides. » (*Introduction à la médecine expérimentale.*) — (Voir un autre exemple aux *Notes complémentaires.*)

V. — INDUCTION

Il ne faut pas confondre l'induction *scientifique*, dont il est question ici, qui est fondée sur des observations ou des expérimentations conduites scientifiquement et s'occupe des phénomènes soumis à des lois fatales, avec l'induction *littéraire* ou *oratoire*, dont on traite dans les rhétoriques, et qui a pour fondement des faits du monde moral, dans lesquels la volonté intervient. Cette dernière sorte d'argument conclut au *vraisemblable*. « Ce genre d'argument, dit Bossuet, est le plus fréquent dans la vie; car les pures démonstrations ne regardent que les sciences. L'argument *vraisemblable* ou *conjectural* est celui qui décide les affaires, qui préside, pour ainsi parler, à toutes les délibérations. » (*Logique*.)

Il ne faut pas le confondre non plus avec l'induction improprement appelée *aristotélique* par les modernes, argument qui se fait par l'*énumération complète des parties*, comme quand on dit : Les mammifères, les oiseaux, les reptiles, les batraciens, les poissons ont le sang rouge, donc tous les vertébrés ont le sang rouge. L'induction scientifique conclut à la loi d'après *quelques faits* ou même d'après un seul fait, complet en l'espèce, parfaitement étudié.

Définition. — Les observations, les expérimentations, les hypothèses concourent à un but commun : *dégager la loi* du phénomène étudié, c'est-à-dire sa liaison constante et générale avec un autre phénomène ou un groupe de phénomènes. C'est ce que fait l'*induction* en se fondant sur les travaux préparatoires des autres procédés de la méthode.

L'*induction* est donc le *procédé par lequel l'esprit passe de la connaissance des faits à celle des lois qui les régissent*. Elle étend à tous les êtres et à tous les faits de la même espèce, à tous les points de l'espace et de la durée, ce qui n'a été préalablement connu que de quelques cas particuliers, à tels moments et à tels lieux déterminés.

Stuart Mill, qui pense que notre croyance au principe de la *causalité universelle* est le résultat d'expériences accumulées, définit l'induction « une *généralisation de l'expérience* ». L'induction est bien cela, sans doute; mais cette généralisation n'est pas possible sans principes rationnels, sans idées *à priori*.

Principe ou fondement de l'induction. — L'induction est un procédé à la fois *expérimental* et *rationnel* : l'expérience donne les faits, quelquefois même avec le caractère de l'uniformité constante; la raison seule peut donner la loi, c'est-à-dire affirmer une nécessité hypothétique en vertu de laquelle ces faits se reproduiront toujours les mêmes; nécessité hypothétique, car les lois de la nature ne sont pas nécessaires d'une nécessité absolue; les rapports qu'elles formulent sont subordonnés d'abord à l'existence des termes unis, et aussi à Dieu, qui peut déroger aux lois qu'il a librement établies. — Sans l'expérience, l'induction ne serait qu'une hypothèse vide; sans un principe rationnel, on n'aurait pas le droit de formuler des lois universelles.

Pour que l'induction soit légitime et féconde, il faut : 1° *coordonner* et *interpréter* les faits recueillis, de manière à dégager les idées générales de rapports : c'est à quoi l'on arrive par les *tables* de Bacon et par les *méthodes* de Stuart Mill; — 2° il faut *étendre* à tous les temps et à tous les lieux l'idée générale, ou plutôt la loi formulée, et c'est pour légitimer cette extension que l'on doit recourir à un principe rationnel, car la loi n'est pas la collection de tous les cas (on n'en peut observer qu'un petit nombre), mais l'expression d'un rapport constant de causalité.

Ce principe rationnel a été diversement formulé. On l'a appelé : principe des *lois*, principe de l'*ordre*, principe de l'*uniformité d'action des forces naturelles*, principe du *déterminisme universel*. « Le principe de *causalité*, dit M. Ravaisson, de quelque phénomène qu'il s'agisse, est le nerf caché de tout raisonnement inductif. » L'esprit affirme l'uniformité d'action comme une conséquence nécessaire de l'uniformité de nature; la cause, en se multipliant dans des faits concrets, répète en chacun ses caractères, et c'est parce que l'esprit croit irrésistiblement que tout phénomène a sa cause et que la même cause, placée dans les mêmes circonstances, produit le même effet, qu'il peut dépasser l'expérience, dépasser le point de l'espace et du temps où elle s'est faite, pour porter des jugements universels et formuler des lois. L'esprit ne reçoit pas les principes du dehors, il les tire de son activité propre. L'expérience ne les crée pas, elle est l'occasion, la condition de leur genèse dans l'esprit.

Cependant « il importe de remarquer que ce principe rationnel n'est pas une majeure proprement dite d'où on puisse faire sortir des vérités particulières; c'est une *condition* de la légitimité de l'induction ou de l'extension illimitée des résultats de l'expérience, comme le principe de contradiction est une condition de légitimité pour la déduction. De plus, si le principe d'induction est nécessaire et absolu, ses applications, c'est-à-dire les lois spéciales, demeurent contingentes, car il est évident que Dieu aurait pu établir un ordre différent. » (P. REGNAULT, *Cour de philos.*)

On voit, par ces principes, qu'il ne faut pas, avec M. Ravaisson, faire de l'induction « une déduction provisoire et conditionnelle qui se change, par la vérification de l'expérience, en une déduction définitive et inconditionnelle ». L'expérience, alors même qu'on la supposerait universelle, ne renfermerait que la totalité des faits passés, et, par elle-même, ne permettrait pas de conclure, comme on le fait, en étendant la loi à tous les temps et à tous les lieux.

Il faut réfuter de la même manière la théorie de Royer-Collard et des philosophes écossais, qui ramènent le raisonnement inductif à un syllogisme dont la majeure serait que les lois de la nature sont stables et générales; la mineure, les faits observés, et la conclusion, la loi de ces faits. Il n'y a pas de conclusion proprement dite des faits aux lois, puisque l'étendue de la conclusion excéderait, et dans la plupart des cas excéderait infiniment celle des prémisses. Il n'est jamais permis de conclure de *quelques à tous*, ni de déduire d'un principe abstrait l'existence d'une loi réelle. Ce qui permet, dans l'induction, de passer du rapport individuel et particulier d'un antécédent à son conséquent, au rapport universel de tout antécédent du même genre à tout conséquent du même genre, c'est la certitude rationnelle qu'un rapport causal et déterminant