

LAVOISIER: INNOVACIONS EN EL LLENGUATGE PER A LA REFORMA DE L'ENSENYAMENT

Mercè Izquierdo
Departament de Didàctica de les Ciències
Universitat Autònoma de Barcelona

Resum

En aquesta exposició són analitzades les innovacions en el llenguatge de la química que va introduir Lavoisier, tant a nivell denotatiu com semàntic i discursiu, i, encara, les motivacions que el van empènyer a realitzar la tasca, tal com ell mateix les exposa en el Discours Préliminaire del Traité. Ens diu que els objectius de la seva reforma lingüística són didàctics i que tenen com a punt de partida - i que s'hi fonamenten - una nova definició de la química com a ciència experimental. Lavoisier els formula d'acord amb les concepcions psicològiques i pedagògiques de l'època.

1. Introducció

Una disciplina és una xarxa de pràctiques diverses (manuals, intel·lectuals, discursives) i d'interrelació, que es desenvolupa a partir de la pràctica i la reflexió d'una comunitat de professionals que pensen, diuen i fan més o menys una mateixa cosa. En la formació i desenvolupament d'una disciplina hi incideixen maneres de pensar i de fer, punts de vista generals i situacions problemàtiques concretes, organitzacions i institucions intel·lectuals i de lleure, estructures de poder i valors culturals... És a dir, un conjunt de factors, cognitius, operacionals i socials, intrínsecs del desenvolupament de la disciplina (Christie i Golinski, 1982).

La necessitat de difondre els nous coneixements d'una manera convincent i de transmetre'ls d'una generació a l'altra és un d'aquests factors, un dels més importants. Requereix la reconstrucció dels coneixements per tal d'ordenar-los, estructurar-los i fer-los entenedors, és a dir, l'elaboració de textos que esdevenen una part important del cos de coneixements de la disciplina. El discurs científic disciplinar (la manera com els científics se serveixen del llenguatge: en els textos escrits, en les conferències, informes de recerca, converses...) canvia per adequar-se als nous temps, però manté també importants regularitats, condicionades per la tradició, que fan que la disciplina es pugui identificar malgrat els canvis.

Així com tota acció humana fretura el llenguatge, el llenguatge és també imprescindible per al desenvolupament d'una disciplina, especialment si, com és el cas de les ciències occidentals (i, entre elles, la química), fan del text un instrument de convenciment i de difusió. Com que el context històric i la producció lingüística estan íntimament relacionats, les innovacions lingüístiques són un aspecte fonamental per a la comprensió de la història de les ciències. L'anàlisi dels textos científics al llarg del temps ens permet veure com el llenguatge, els factors socials que determinen en cada moment les finalitats de la disciplina i els continguts conceptuals i teòrics es modelen mutuament: les ciències i la literatura no són tan allunyades com, sovint, hom vol fer creure.

El llenguatge permet denotar, "donar nom" a les coses. Però també fa possible la comunicació d'idees, d'accions i de valors nous; atès que hom no pot deturar la creativitat humana sigui individual o social, tampoc no pot frenar el llenguatge. En l'actualitat coexisteixen tres aproximacions diferents a l'estudi del llenguatge: simbòlica, semàntica o hermenèutica i retòrica, la qual cosa ens fa reflexionar sobre la seva complexitat.

En la primera el llenguatge és considerat un sistema de símbols i allò que de debò interessa és saber com es fa per associar els símbols als objectes que el seu nom denota, és a dir, la pràctica d'anomenar, sigui ambigua o precisa, convencional o natural.

En la segona aproximació, el problema és la interpretació del significat del llenguatge que emergeix de les interaccions entre el subjecte, el món i les estructures formals en el qual hi és expressat. Aquest enfocament permet donar valor a la metàfora, que ja no és un mètode imprecís de denotació sinó una eina de transferència de

significats entre diferents disciplines, o entre la ciència i la cultura general.

En la tercera aproximació s'estudia la manera d'utilitzar el llenguatge en els arguments, com un pot servir-se'n per tal de persuadir a través de determinades paraules ordenades de diverses maneres; i la producció ritualitzada de llenguatge en certes ocasions. Les propietats retòriques són inherents al llenguatge científic, perquè intenta persuadir i influir a la seva audiència i perquè les formes retòriques que són acceptades en cada disciplina contribueixen al manteniment de la seva identitat. També cal considerar retòrica la manera de representar el fets experimentals. El llenguatge científic mai no és purament descriptiu ni interpretatiu: sempre intenta persuadir el lector de l'estatus factual d'allò que hom descriu. La dimensió retòrica del llenguatge científic ens mena cap a l'elucidació del context de la ciència, puix que es refereix als usos del llenguatge en una situació concreta. És apropiat, com el semàntic-hermenèutic, per captar el desenvolupament de la ciència en el seu context històric. També l'apropament simbòlic pot connectar el llenguatge de la ciència amb el seu context, a partir de les actituds cap al llenguatge que caracteritzen un medi cultural (Kuhn, 1971) (Anderson, 1984) (Prelli, 1989) (Golinski, 1990).

Si el llenguatge és de tal manera que permet les tres aproximacions alhora, podem considerar que totes tres es refereixen a les seves funcions complementàries i contribueixen a esbrinar les finalitats d'un autor respecte a allò que vol comunicar al seu públic. Si la finalitat de l'autor és comunicar idees noves sobre nous fenòmens, la condició que la fa possible és que l'autor actuï donant nom i simbolitzant, creant nous significats i creant nous estils de discurs adequats als nous enfocaments.

En una època de canvis profunds en un domini científic, com ho van ser les darreres dècades del segle XVIII pel que fa a la química, s'han de produir necessàriament modificacions importants en el llenguatge: cal dir coses noves i cal crear noves formes de comunicació, les quals, si són acceptades per la comunitat que exerceix aquesta disciplina, són el vehicle per consolidar els canvis introduïts.

En aquest article es presenta Lavoisier com un innovador de la llengua: dóna noms nous, crea un discurs nou i dóna nous significats a les paraules de sempre; s'analitza la relació entre les innovacions lingüístiques que introdueix en la química i les finalitats

innovadores de la seva obra, que ell situa en un context didàctic. Fill del seu temps i de la seva cultura (la Il·lustració), hereu d'una tradició de culte a la llengua, centra en la millora de la parla la seva voluntat reformadora de tot el sistema de coneixements químics manifestada des dels començaments de la seva carrera científica. En aquesta millora hi són tan concretes les inherents exigències del pensament teòric rigorós, com la precisió experimental en la qual fonamenta la ciència química; la justifica per la necessitat d'una reforma de l'educació dels joves que faci més fàcil l'aprenentatge de la química, d'acord amb les opinions de l'època sobre psicologia de l'aprenentatge (Dagognet, 1969).

2. Crítiques de Lavoisier a l'ensenyament de la química. Una nova "química experimental"

Lavoisier era fill d'una família benestant i, d'acord amb la tradició familiar materna, es va titular en dret. Però el seu interès per les ciències el portà a estudiar matemàtiques, física i geologia amb els millors professors de l'època. Començà a estudiar química per tal d'aprofundir en els seus estudis geològics i s'interessà progressivament per aquesta ciència fins a dedicar-li gran part de l'activitat intel·lectual que va dur a terme com a acadèmic. Però sembla que ja des de bon començament les seves idees sobre com havia de ser la química foren renovadores i, per tant, crítiques amb el discurs químic del moment.

Un nou ideal per a la Química

Al final de la seva vida, posat a reconstruir l'obra entorn a la reforma de la química i de la lluita contra el flogist, Lavoisier critica l'ensenyament que havia rebut en química i el compara amb el de física experimental i matemàtiques, que posa com a ideal al qual hauria d'acostar-se la química. Tota la seva obra queda interpretada, així, com un esforç reeixit en aquest sentit. Ens diu:

- "El punt de partida de la química és més la suposició que no pas la demostració. Es presenta en termes que no s'han definit i que no en poden ser llevat que hom tingui una preparació que hom no pot haver assolit si hom no té previament nocions de química. Quan va començar la meua formació, era com si es donés per fet que jo ja tenia nocions de química" (...) "Vaig dedicar quatre anys a estudiar una ciència fonamentada en pocs fets, feta a còpia d'idees absolutament incoherents i suposicions no provades; que no tenia un mètode d'instrucció i que no havia estat tocada per la lògica de la ciència. Llavors vaig pensar que hauria de tornar a recomençar l'estudi de la

química." (...) "En química hom afirma més que no pas demostra... Les explicacions que ofereix estan fetes de ressemblances, analogies... que acostumen la ment a sadollar-se únicament amb paraules " (Citat per Donovan, 1993, pag. 46).

Considera que només la teoria de les sals, la més estructurada i completa en aquell moment, era presentada adequadament. En canvi, la teoria del flogist o principi de combustibilitat, suposadament present en les substàncies que podien cremar, la troba imprecisa i les explicacions que proporciona, excessivament polivalents.

Amb la seva crítica, Lavoisier presenta i defensa el seu programa de treball gairebé amb els mateixos termes que es troben en el *Traité*, com veurem: es tracta d'estructurar el discurs de manera lògica i ordenada al voltant de molts fets estudiats amb detall, de començar provant abans d'afirmar per així introduir de manera natural els principiants en el coneixement de la química.

Veurem ara amb més detalls les diferències entre el discurs experimental químic de l'època i la "física experimental", que és l'ideal vers el qual la química cal que s'apropi, segons Lavoisier.

La química experimental, segons Scheele i Macquer. La "física experimental" de Nollet

Lavoisier no era l'únic a defensar els mètodes de la física experimental; el programa global de l'Académie des Sciences era experimental, i les memòries que s'hi presentaven havien de tenir sempre una base empírica. El terme "física experimental" corresponia a diferents aproximacions, totes amb nombrosos seguidors: una filosofia comprensiva de la natura (com havia fet Aristòtil); el realisme matemàtic, interessat en la recerca de lleis matemàtiques d'aplicació general (tot i que alguns pensaven que l'època de la matematització ja s'acabava perquè no menava enlloc); l'explicació dels fèndmens amb diferents teories sobre la matèria, la qual cosa provocava controvèrsia entre cartesians, leibnizians i newtonians; i la "física experimental" que practicava Nollet, amb uns pressupòsits epistemològics molt més limitats: positivistes, més preocupats per la relació entre la teoria i els fets experimentals que no pas per la integritat de teories comprensives, atenta a la mediació dels instruments i a les mesures que sovint se'n derivaven. Aquest darrer enfocament és el que interessava Lavoisier.

Veurem ara, exemplificat en l'obra de Scheele i Macquer, les característiques d'un discurs experimental que serà considerat "tou" quan serà comparat amb el discurs experimental "dur" (teòric) que elaborarà Lavoisier. Lavoisier fou crític amb l'obra dels dos científics, com veurem breument en aquest apartat.

* Karl Wilhem Scheele (1742-1784) fou una persona d'una enorme capacitat intel·lectual i un gran químic experimental; identificà nombroses substàncies, entre elles el clor, i fou el primer de parlar de la substància que Lavoisier anomenaria "oxigen". Era conscient de la feblesa de la teoria dels elements en la seva època, creia que calia renovar-la i ho feu, demostrant, en el seu "Abhandlungen über den Luft und der Feuer" que l'Aire i el Foc no són elements. El seu text és un recull d'experiments molt ben explicats, a partir dels quals fonamenta les seves conclusions revolucionàries. La seva línia d'argumentació la donà la poïata i ell sabia millor que ningú les sorpreses que reserva a l'experimentador; les seves conclusions tenen consistència interna si se les considera conjuntament amb l'experiment que les justifica. Amb això, actuava d'una manera semblant a Lavoisier. Però el fil conductor de la seva argumentació era purament químic, centrat en l'anàlisi química de les substàncies; els instruments, com és ara la balança, no són tan importants per a ell ni li serveixen per elaborar argumentacions justificatives (Izquierdo, 1994).

* Pierre Joseph Macquer (1718-1785) fou un dels grans químics de l'època i la comparació de la seva obra amb la de Lavoisier ens deixa comprendre millor els diferents significats del terme "experimental" en els dos químics, així com les característiques literàries de la revolució química a França. És autor dels llibres de química més llegits entre 1750 i 1790, tant a França com a Gran Bretanya: *Éléments de Chimie Théorique*, *Éléments de Chimie Pratique* i *Dictionnaire de Chimie* que eren obres sòlides i ben estructurades. Proporcionaven al lector informació acurada i completa sobre els coneixements químics, emmarcats en la teoria de l'afinitat que es relacionava amb la física de Newton per l'acceptació de l'existència de forces atractives entre les partícules, en termes de les quals s'explicaven els canvis químics. El *Dictionnaire* contenia també, en l'entrada "Flogistique", una extensa explicació sobre les propietats d'aquesta substància (Anderson, 1984).

Macquer exposa també, en les seves obres, el seu punt de vista sobre les característiques del discurs químic: és completament diferent del

discurs dels alquimistes, perquè és "experimental, transparent, socialitzat, raonable..." Ara bé, la característica més notable del científic és la seva llibertat alhora d'elaborar el seu discurs explicatiu, dins del marc d'un model del món de partícules i interaccions i d'un model d'acció científica caracteritzat per l'experimentació: la natura parla a través dels experiments i aquests s'expliquen en termes d'accions mecàniques (incloses les forces a distància) i dels principis substancials (com el flogist) identificats en les pròpies reaccions químiques. També ell es proposa ensenyar al lector, suposadament ignorant en química, les veritats fonamentals d'aquesta ciència, que siguin les bases per a un estudi posterior, de la mateixa manera que la geometria és la base per a moltes Arts diferents: cadascuna compta amb els seus axiomes i principis irrenunciabls, fonamentats en l'experiència. Per a la química, l'axioma bàsic és l'afinitat química interpretada més aviat com a propietat específica dels cossos (a la manera de Sthal) que com a forces entre partícules (com ho feia Newton).

El concepte fonamental que estructura el raonament de Macquer és la composició química a partir dels elements i dels principis portadors de propietats. L'afinitat actua segons els principis de similitud de naturaleses: les propietats dels compostos participen de les dels principis els quals retenen quelcom de les propietats en la combinació.

* Jean Antoine Nollet (1700-1770) havia estat nomenat en 1753 professor de física experimental a la Universitat de París. La física experimental de Nollet es fonamentava en els fets i defugia els debats teòrics generals. Era més positivista que la de Macquer, perquè es preocupava més per connectar els fets amb la seva interpretació teòrica que no pas per la integritat lògica de teories que engloven. Per això no intentaven resoldre les inconsistències de les teories afegint hipòtesis ad hoc (és a dir, confegint un discurs raonable en el qual una teoria "tova" s'adaptava fàcilment als fets) sinó que aplicava els seus conceptes només als fenòmens que era capaç d'explicar amb una teoria més "dura".

Un dels aspectes més importants de la "física experimental" era l'ús d'instruments, que a França, d'altra banda, construïts per artesans especialitzats molt hàbils, eren cada vegada millors. Els instruments permetien la quantificació analítica del fenomen. Aquest mètode era molt més que una acumulació de fets; implicava la recerca de patrons, la construcció de noves teories; i tot això, amb una determinada

manera de raonar caracteritzada per la relació entre les dades i que no feia afirmacions que no fossin fonamentades en els resultats de l'experiment, tal i com aquest apareixia a través de la mediació de l'instrument. La física de Nollet es posà de moda en la societat culta, que gaudia amb el discurs ordenat i concret que ofería fins al punt de considerar-la la metodologia més apropiada per conèixer la natura: "amb l'instrument es força a la naturalesa a parlar " (Roberts, 1991) (Bensaude-Vincent, 1993).

L'ús de l'instrument té relació amb el tractament matemàtic dels resultats numèrics. Lavoisier cerca la quantificació i considera que les matemàtiques són la manera més altament formalitzada d'expressar les regularitats experimentals i el coneixement fonamentat empíricament; però, de manera consistent amb la seva posició, no creu que les expressions matemàtiques puguin representar una teoria química global, perquè desconfia de les generalitzacions precipitades, més enllà de la seqüència ordenada dels fets experimentals.

Consideracions sobre l'ensenyament

La referència constant que Lavoisier fa al final de la seva vida a la millora de l'ensenyament correspon a un renovat interès social en aquest sentit. Les noves idees sobre l'ensenyament i sobre l'aprenentatge prenen força, coherents amb els canvis que es produïen simultàniament en molts altres camps: la societat que sorgia aleshores requeria una nova manera de formar els joves.

L'educació havia canviat ja profundament durant el segle XVIII, alhora que canviava el concepte d'infant que ja no era considerat un "adult petit", més inexpert que l'adult gran, sino que la infantesa adquirí sentit per si mateixa. El nen havia de poder jugar, moure's lliurement amb robes adequades, pròpies de la seva edat. S'educa i coneix el món perquè s'hi mesura amb proves directes, perquè es veu col·locat entre l'acte que ha comès i la seva conseqüència: si trenca el vidre d'una finestra, passarà fred; per tant, aprendrà a no trencar-lo. Aprèn a sentir-se a gust i tranquil en mig de les coses que existeixen plenament, sòlidament, que són estables. La confiança en les lleis del món real fa que l'estimi. La nova pedagogia afirmava que el nen és naturalment bo, però que la societat no ho és i el perverteix; i demanava una regeneració de la societat fins que no esdevingués una societat igualitària, guiada per una voluntat o llei general, impersonal però acceptada per tots, que compensés la maldat

individual i que presentés la mateixa inflexibilitat i idèntica utilitat educadora que les lleis de la naturalesa (Mialaret, 1981).

Els continguts de l'ensenyament també havien canviat. Aleshores s'oferia una formació per al moment present, la qual donava importància a les matemàtiques, a les ciències de l'observació, a l'estudi pràctic del món actual. Les professions, els objectes reals, els éssers vius, són els temes d'interès a l'escola. També canvien les institucions escolars. Les classes nombroses es consideren apropiades, perquè eviten els errors individuals i requereixen una organització metòdica, llibres específics i programacions oficials.

Resum

Totes aquestes consideracions constitueixen el marc en el qual Lavoisier formula finalment les seves idees sobre l'educació en química. Cal afegir encara les psicològiques i lògiques, derivades de l'obra de Condillac, de les quals en parlaré en comentar el *Discours Preliminaire del Traitè*.

La proposta de Lavoisier consisteix en uns coneixements científics suposadament fonamentats amb rigor en l'experimentació i presentats per escrit de la manera més adequada per ser apresos sense esforç, perquè els termes reproduïen els fets de la natura, i la sintaxi, els procediments lògics de la ment en ordenar-los. Intentarem ara comprendre les innovacions lingüístiques que estan en el rerefons d'aquesta empresa i avaluar-les.

3. La reconstrucció per escrit de l'experiment "mediat per l'instrument (la balança)"

Molt sovint s'ha fet notar la diferència que hi ha entre les anotacions d'una llibreta de laboratori i un article ja acabat, en el qual el procés experimental ha estat reconstruït en funció dels resultats. La redacció final no té cap relació amb allò que realment va esdevenir-se. Però si hom segueix la construcció del text final a través dels successius esborranys, es pot veure que el pensament de l'autor es concreta gràcies a l'escriptura. Escriure i pensar sobre uns resultats experimentals són activitats que interaccionen entre sí mateixes i també amb l'experiment. Quan comença una investigació no se sap fins on conduirà; quan hom escriu sobre la justificació dels resultats fa una primera selecció del conjunt d'informacions disponibles i les ordena per tal de fer-les coherents. Finalment, cal estructurar tot el text de manera convincent entorn a les dades que presentades. Per

tot plegat, escriure és un acte central en el procés de creació científica (Holmes, 1987).

Quan hom escriu sobre ciències experimentals, les reflexions metodològiques configuren els aspectes justificatius del text i donen lloc a textos que s'hi adapten, de manera que gràcies a la seva condició d'innovadores, els textos també ho són. En el segle XVII ja hi va haver un canvi metodològic important, quan l'autoritat dels Antics va deixar de ser una justificació adequada del coneixement i ho va ser, en canvi, el comportament de la pròpia Natura, conegut experimentalment. Aquest canvi es va reflectir immediatament en els textos: el comentari dels clàssics donà pas a un informe de recerca que proporcionava detalls sobre la manera de fer l'experiment; i també a llibres de text ordenats temàticament, a diccionaris o enciclopèdies, i a nous arguments de justificació basats en un "fet" que esdevé paradigmàtic quan és el centre d'una argumentació (Dear, 1990) (Meinel, 1988).

Com podien haver construir una ciència sistemàtica, argumentada, teòrica, a partir dels experiments? En rigor, és impossible, perquè qualsevol procés experimental es duu a terme en un determinat marc teòric, que assenyala fins i tot l'elecció del fet experimental. L'estudi dels textos químics a partir del XVII ens mostra el complex procés d'elaboració d'argumentacions que parteixen de l'experimentació i que s'hi fonamenten, i fins a quin punt aquest procés és, alhora, una reconstrucció del propi experiment per tal que finalment el text resulti coherent. El text experimental ens presenta sempre un fet interpretat (Dear, 1985).

Un nou model d'acció i de fenomen

En la producció escrita (o cognitiva) del fet experimental interpretat hi ha d'haver coherència entre la representació de tres dimensions diferents, que es reforcen mútuament per donar significat als resultats experimentals: l'acció experimental (en què consisteix la intervenció de l'experimentador), el model de l'instrument (com funciona l'instrument) i el model del fenomen (què passa i amb quin altre fenomen es relaciona). Així, la relació entre el coneixement adquirit en l'experimentació i el fet experimental no és de correspondència natural. La coherència assolida en un determinat moment és inestable i està destinada a ser substituïda per una altra, en el moment que un dels tres aspectes canviï, provocant la modificació dels altres. Per això tots tres es poden considerar recursos "plàstics", que poden adaptar-se un a l'altre per donar lloc

a una argumentació nova basada en una altra relació de coherència i donar així un nou sentit als fets (Pickering, 1989).

Els 'fets construïts' (interpretats) constitueixen una part molt important de les obres literàries dels científics. El llenguatge s'esdevé un problema en ell mateix perquè és una construcció humana que evoluciona i s'adapta als nous significats de manipulació, tecnològics i teòrics que vol expressar. Per això les pràctiques textuais i lingüístiques no ens permeten simplement penetrar en les idees i estructures mentals dels científics, sinó que cal investigar-les en elles mateixes. El propi llenguatge es modifica en el procés de construcció d'explicacions experimentals, i pot arribar a assolir diferents nivells d'abstracció, que després caldrà descodificar adequadament; degut a això l'experiment escrit es distancia del fet fins el punt que només els experts el reconeixen en l'escrit, i només ells són capaços de comprendre el sentit del text experimental (Golinski, 1990).

Les memòries de Lavoisier i, finalment, el *Traité Élémentaire de Chimie*, mostren els canvis lingüístics que es produeixen al llarg de la seva obra en els aspectes denotatiu, semàntic i textual. Hi ha relació entre ells? Són complementaris? Són simplement diferents maneres de contemplar la seva obra i per tant, independents? En tot cas, tots tres aspectes són justificats per ell en relació a les finalitats metodològiques i didàctiques que fan possible que resegueixi l'itinerari que ha seguit i poden ser interpretats per nosaltres aprofundint més en la reconstrucció del conjunt fets-teoria, la qual requereix canvis als tres nivells i que es reflecteix alhora en tots tres.

En el *Traité*, Lavoisier sembla fer entendre que la seva obra ha tingut tres etapes successives: una primera etapa finalitza amb la interpretació de la síntesi de l'aigua, que li obra el camí per iniciar la seva campanya contra el flogist i aclarir així les idees confoses dels químics; la segona etapa és la reforma del llenguatge, justificada per la relació que Condillac estableix entre els fets (que ara són nous), les idees i les paraules; i a continuació, en una tercera etapa, reconstrueix tota la química gràcies a aquest nou llenguatge, que suposadament permet un diàleg clar i sense trampes amb la natura. Seguirem aquest mateix ordre, acceptant com a vàlida la reconstrucció lineal de Lavoisier, per més que sembli excessivament simplista: a) una primera etapa de creació d'un nou estil de discurs experimental i de nous significats; b) una segona etapa de creació de nomenclatura

per expressar aquests nous significats; c) una tercera etapa de convenciment del públic i de divulgació de la nova química que n'ha sorgit. Recordem, però, que per a Lavoisier el motor de tots els canvis ha estat la recerca d'una nova manera de raonar i de parlar de la química, fonamentada en l'experimentació i que ell jutja que aquests objectius han estat assolits.

Veurem ara els punts a i b, i parlarem de les conseqüències de les innovacions lingüístiques de Lavoisier, tal com apareixen en el *Traité*, en l'apartat 4.

a) Un nou discurs que genera nous significats

Com ja hem dit, un dels factors que influeix en la construcció escrita dels fets és el sentit que dóna l'autor a la seva pròpia intervenció en els fenòmens: a la seva acció global, encaminada cap al control de les condicions en les quals es produeixen. El "mètode" proporciona una de les línies d'argumentació més importants en el text (Prelli, 1989). Lavoisier es presenta a si mateix com un renovador del mètode de la química i podem pensar que és aquesta característica la que és en la base de les seves innovacions lingüístiques.

Lavoisier vol aplicar a la química els estàndards metodològics de la matemàtica i de la física experimental, caracteritzada per la importància concedida als instruments que quantifiquen l'experiment: a la precisió creixent, a la condició de reproduïbles dels resultats i a l'estructuració definitiva del fenomen que els instruments faciliten. Però els coneixements del moment i els temes d'interès dels químics d'aquell moment no es deixen expressar fàcilment d'aquesta manera i per això des de molt aviat el nou mètode és la clau de tots els seus descobriments i innovacions, i ho serà també del seu llenguatge i de la manera d'ensenyar la química (Perrin, 1989) (Gough, 1983).

Per això Lavoisier s'interessarà per noves entitats, com els aires i la calor, que tenen un comportament semblant al del "fluid elèctric" al qual dedicaven els seus esforços els físics experimentals. La balança és l'instrument que modela les aportacions teòriques de Lavoisier i a les seves mans (i en la seva ploma) deixarà de ser quelcom que serveix per explorar la natura per esdevenir quelcom que demostra que és d'una determinada manera, i que no ho pot ser de cap altra.

La memòria sobre la calcinació del mercuri, "Mémoire sur la Nature du Principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination

et en augmente le poids", llegida a l'Académie en 1775 i rellegida en 1778, es pot prendre com a exemple de text teòric vertebrat al voltant d'un experiment quantificat. És una mostra de la superestructura textual que Lavoisier ha desenvolupat, que no és encara l'informe de laboratori que serà tan important en el XIX sinó una "argumentació experimental" la qual, unida a una determinada concepció del llenguatge (la de Condillac), menarà a nous significats i a un nou tipus de discurs, que ja serà "teòric": l'experimentació mitjançant els instruments té una interpretació única, que no es pot posar en dubte. I aquest nou discurs és diferent d'aquell que proposaven els científics de la Il·lustració, que en tenien prou amb que fos "raonable".

El text resumit es presenta a continuació, destacant-ne les tres parts en les quals s'ordena (Veure l'annex 1).

En primer lloc es presenta el problema "fer veure que el principi que s'uneix als metalls durant la calcinació (..)" i s'anticipa el resultat afegint que "n'augmenta el pes i els constitueix en l'estat de calç (..) és la part més pura i saludable de l'aire" (part A).

El problema i la solució que oferirà Lavoisier, ell els situa dins el marc del Programa sobre els "Aires", que apareix resumit retòricament en les preguntes següents:

- Hi ha diferents espècies d'aire?
- És suficient que un cos estigui en un estat d'expansibilitat per ser un Aire?
- Els diferents aires, són substàncies distintes o, simplement, modificacions de l'aire atmosfèric?

A continuació desenvolupa el problema, explicant millor les circumstàncies que influiran en l'experimentació, sempre en el marc de l'interès pels Aires (part B).

- 1) Es refereix a les calç: la majoria només es redueixen si hi és afegida una matèria carbonosa o que contingui "allò que hom anomena flogiste", i llavors desprenen aire fix. Però "no hem de creure precipitadament que aquest ja era en aquest estat en la calç".
- 2) Per això es dedica en primer lloc a l'estudi experimental de les calç que es redueixen només escalfant, sense afegir-hi res.
- 3) Justifica l'elecció de la calç que utilitzarà, el mercuri precipitat per se o mercuri vermell. "He escalfat amb una lupa potent diversos

tipus de calç sota una campana, sobre mercuri, i en tots els casos s'ha després molt fluid elàstic... però queda barrejat amb aire. Per tot un seguit de dificultats (..) utilitzaré el Mercuri precipitat per se (..) He fet molts experiments (..) explicaré només allò que tenen en comú".

Finalment narra l'experiment, destacant tot allò que en constituirà la justificació (part C).

1) S'assegura que el "mercuri precipitat per se" és una calç, reduint-lo amb carbó. Pesa la calç, pesa el carbó i els col·loca en una retorta petita; recull i mesura el volum de l'aire fix després, que aplega sobre aigua (compta també amb el que s'ha pogut dissoldre). Fa cinc proves de reconeixement diferents per demostrar que el gas que recull sobre aigua és aire fix (el diòxid de carboni actual).

2) Redueix la calç sense afegir carbó, escalfant-la. Pesa la calç abans i després d'escalfar-la; s'ha perdut pes. Mesura el volum del gas després: *suposant que pesa justament la quantitat que se n'havia perdut*, la seva densitat serà aproximadament la de l'aire de l'atmosfera. Fa sis proves diferents, amb les quals demostra que no és aire fix i que, en canvi, té les mateixes propietats de l'aire, però que és més pur: facilita la combustió i és més respirable.

3) Arriba a una conclusió que sembla ja evident des d'una perspectiva numèrica (allò que s'ha perdut en la calç es guanya en el producte recollit, tant si és la part més pura de l'aire com si és aire fix) i l'aplica a d'altres fenòmens. Les idees que exposa són les següents:

a) "Sembla provat que el principi que es combina amb els metalls durant la calcinació i que els augmenta el pes no és altra cosa que la porció més pura del mateix aire que ens envolta, que respirem, i que passa, en aquesta operació, de l'estat d'expansibilitat al de solidesa (..)

b) Les combustions que es fan amb nitre són possibles perquè (..) l'aire que està fixat en ell és també la "porció respirable de l'aire de l'atmosfera privat de la seva expansibilitat".

c) Com a conseqüència, es pot interpretar la composició de l'aire fix. "Com que el carbó desapareix completament en la revivificació de la calç de mercuri, i com a resultat només es retira mercuri i aire fix, hem de concloure que l'aire fix no és sinó el resultat de la combinació de la porció eminentment respirable de l'aire amb el carbó".

La coherència de tot el text és palesa gràcies a la creació simultània dels nous significats derivats d'un canvi en la representació del fenomen cap a un nou model de metall i d'aire, que pot considerar una conseqüència de l'ús sistemàtic del nou heurístic de component inferit que és presentat en el text com si fos indiscutible, gràcies a l'ús de la balança i a la importància justificatòria que li concedeix. Aquest heurístic, present ja en l'obra de químics com Black, Bergman i Scheele, substitueix definitivament l'heurístic de "principi inferit" que és present, en canvi, en l'obra de Macquer (Thagard, 1992).

Amb el canvi d'heurístic, produït a partir de la pròpia recerca i també de la que hom duu a terme a Anglaterra, a Suècia i a França, es tanquen possibilitats d'argumentació i se n'obren de noves. Es perfila la possibilitat d'una nova nomenclatura; però abans cal completar els canvis en els conceptes químics, d'acord amb els nous compromisos adquirits. La tasca de Lavoisier en aquest sentit es concreta en el seu atac contra el flogiste esdevingut innecessari en el nou plantejament (en la memòria "Réflexions sur le phlogistique", en 1783).

Podem veure amb més detall en què consisteix aquest canvi.

L'heurístic de "component inferit" correspon al raonament següent:

Si A i B reaccionen i formen C

Si C es descompon i forma A i B

Aleshores inferim que C es compon d'A i B

L'heurístic de "principi inferit", en canvi, correspon al següent raonament:

Si A és una característica important de C

Si A és també una característica important de B

Aleshores C i B ténen un mateix principi P que és responsable de A

Els dos heurístics són importants, però en la química del XVIII predominava el segon. Un d'aquests suposats principis responsables de propietats era el flogist, que feia que els cossos que el contenien fossin combustibles. Però com que no es podia obtenir lliure, els químics de finals del segle utilitzaven cada vegada més l'heurístic del component, referint-se als cossos més simples que obtenien al laboratori per descomposició del més complexos.

L'aplicació definitiva del nou heurístic de "component inferit", relacionada estretament amb la decisió metodològica respecte de la

balança, origina nous significats. Com hem vist en el cas de la calcinació del mercuri, la composició de les substàncies que intervenen queda ben clara: el "mercuri precipitat per se" és mercuri unit a la part més pura de l'aire "en estat de solidesa"; l'aire fix és carbó unit a la part "eminentment respirable" de l'aire.

El nou enfocament requereix encara altres canvis conceptuals, que es produiran en la recerca que Lavoisier duu a terme. Són fites importants la "*Mémoire sur la chaleur*" (1780), i, més endavant, la interpretació de la combustió de l'aire inflamable per a donar aigua, l'any 1783. El calòric permetrà explicar el canvi en l'expansibilitat de l'aire "eminentment respirable" (que serà anomenat oxigen o "generador d'àcids" en ser considerat, erròniament, el causant de l'acidesa) que hom troba en estat de solidesa en les calç. La identificació del producte de combustió de l'aire inflamable, que és aigua, permet a Lavoisier prescindir totalment del flogist i completar el seu "sistema", en el qual els principals conceptes químics canvien de significat. L'aigua deixa de ser un element i és un compost, resultat de la combinació de l'aire inflamable i de l'aire vital, que ja seran anomenats, respectivament hidrogen i oxigen. Els metalls són des d'ara cossos simples i ja no compostos de calç i flogist. Un gas és un compost d'una base i de calòric, que és el responsable de l'expansibilitat. La calcinació dels metalls és un procés de síntesi de la calç, i no de descomposició del metall. Finalment, el flogist no existeix, i Lavoisier es dedicarà a partir d'aquest moment a demostrar-ho. Un element serà simplement el darrer terme de l'anàlisi i caldrà parlar més aviat de "cossos simples", que ho són sempre de manera transitòria, fins que no s'aconsegueixi descompondre'ls (Crosland, 1973).

b) Nous termes de significació experimental precisa: la "Méthode de Nomenclature chimique" (1787) , que dóna pas al Traité

En ciències, a partir de la revolució científica del segle XVII, hom havia parlat "d'un abús viciós de la llengua" i hom pretenia desterrar la metàfora dels textos científics. La nomenclatura química, hereva de molts segles de treball producte de cultures molt diverses, cada vegada sembla menys inapropiada per a la reflexió racional. Durant el segle divuitè hi ha un interès creixent pels llenguatges filosòfics construïts artificialment que condueixin cap a una denotació sense equívocs: un nom per a cada cosa; un objecte compost ha de tenir un nom compost pels noms de les seves parts, de manera que es pugui reproduir lingüísticament el raonament analític i sintètic. Hi ha el

desig d'establir un lligam racional entre el llenguatge i la paraula (Bensaude-Vincent, 1994).

Els naturalistes són els primers en produir una "episteme taxonòmica" hereva de l'essencialisme d'Aristòtil, que busca la classificació exhaustiva dels objectes naturals per captar les seves essències. El suec Carl von Linné dona a cada planta un nom en llatí que determina el gènere, un adjectiu que n'especifica l'espècie i un sufix que determina la família a la qual pertany. A França, Guyton de Morveau aprofita que és director de l'*Encyclopédie Méthodique* per emprendre, el 1782, una reforma global de la nomenclatura segons un principi que ell formula de la manera següent:

"La dénomination d'un composé chimique n'est claire et exacte qu'autant qu'elle rapporte les parties composantes par des noms conformes à leur nature".

Bergman, a Suècia, segueix en 1784 aquesta mateixa orientació donant a cada substància no descomposta un nom simple i a cada compost, un nom compost; cada sal, per exemple, rep un nom compost format pel nom de l'àcid i de la base que la componen; però utilitza el llatí, i no les arrels gregues adaptades a la llengua de cada país, com deia Morveau (Smeaton, 1954).

Aquesta reforma de la nomenclatura química, centrada també en la composició de les substàncies, continua donant al flogist un lloc important. Lavoisier, que acaba d'iniciar la seva campanya contra el flogist juntament amb un petit grup d'amics que pensen com ell i que ocupen llocs clau a l'Académie, convenç Morveau per escriure conjuntament una nova proposta de reforma de la nomenclatura química, que serà elaborada incloent-hi les idees de Lavoisier.

La "*Méthode de Nomenclature Chimique*", presentada i desenvolupada per Morveau, es publicà precedida d'una memòria de Lavoisier que fou llegida a l'Académie l'abril de 1787. En aquesta memòria Lavoisier utilitza les idees de Condillac sobre la relació entre llenguatge i coneixement per manifestar que la reforma dels noms de les substàncies comporta una reforma total dels coneixements químics. El nou llenguatge pot funcionar analíticament de manera precisa i, en conseqüència, s'adapta al mètode científic i és el més adequat per parlar de la natura. Les relacions entre paraules reflecteixen les reaccions reals; així, el nou llenguatge, component i descomponent les paraules reproduceix exactament la composició i

descomposició de les substàncies, tal i com es realitzen al laboratori, i deixa de banda la seva "història natural", és a dir, tot allò que es refereix a les seves qualitats.

El propi nom d'una substància indica els elements de la seva composició i simultàniament la classifica perquè permet establir gèneres i espècies. Es tracta d'una analogia amb les classificacions de la història natural, però de fet és completament diferent, perquè es fonamenta en una nova filosofia del llenguatge, molt distinta, com hem vist, de la dels naturalistes.

Com que es tracta de partir exclusivament dels fets posats en evidència pel mètode experimental, els mots més simples s'han de referir a principis constituents dels cossos que siguin experimentals. I per això hom ens parla de substàncies simples que són les que s'obtenen amb l'anàlisi, però que poden deixar de ser-ho si les tècniques milloren (Siegfried, 1982).

El nom de les substàncies es refereix també a les proporcions dels components; és dràstic en el rebuig dels noms antics i és subtil perquè persuadeix sense arguments. L'oxigen és el centre d'aquesta nomenclatura: és present als àcids, a les sals, a les calç metàl·liques, a l'aigua i a l'atmosfera i, com suposa Lavoisier, també en els àlcalis fixes. Per això, per la càrrega teòrica implícita en els noms que obliga a rebutjar el flogist, la proposta de reforma de la nomenclatura alarmà alguns científics.

Resum

Lavoisier està interessat per l'instrument quantificador que fa de mitjancer entre el científic i la naturalesa, de la qual interessen els aspectes quantitius que es poden mesurar amb l'instrument. D'altra banda, l'instrument fa repetible la manipulació i permet establir amb exactitud la regularitat que posa en evidència. Tot això permet establir la composició dels cossos d'una manera inequívoca i donar-los noms que la reflecteixin. La importància concedida als instruments quantificadors mena a un nou model d'acció i a una nova representació del fenomen, expressats en textos de nou format i amb nous termes.

Aquestes innovacions lingüístiques comporten la interpretació de la natura segons el raonament de "component inferit", que progressivament va desplaçant el de "principi inferit" que havia orientat l'argumentació química en tot el XVIII; i són possibles

gràcies a un canvi important en els significats dels conceptes químics fonamentals, que s'estava assolint per l'acció conjunta de molts altres científics contemporanis (Scheele, Priestley, Cavendish..).

És obra de Lavoisier aquest canvi tan radical o ja es trobava a mig fer? La comparació amb la tasca dels químics suecs i anglesos sembla indicar que els nous significats eren ja presents en química, però que el pas a la química teòrica es produeix explícitament gràcies a l'intent de donar a la química els mètodes de la física experimental de Nollet per a fer-ne una nova ciència. Amb l'ús sistemàtic i retòric dels instruments, Lavoisier aconsegueix plasmar magistralment en els seus textos l'intent. No podem deixar de trobar una relació entre la supreestructura dels textos de Lavoisier, el seu contingut semàntic i els noms que utilitza finalment, i aquesta relació és potser l'aportació més genuïna de Lavoisier a la química.

4. El *Traité*: un nou llenguatge i un nou format per ensenyar millor la química

Durant el període immediatament anterior a la Revolució hi ha a França una gran preocupació per l'educació dels joves i dels tècnics, en les diferents capes socials. En 1789 diversos decrets transfereixen als poders civils el control de l'educació pública i de l'ensenyament polític i moral. Això porta, en un primer moment, a la desorganització de l'ensenyament secundari i universitari però malgrat tot es promulguen diversos plans d'ensenyament, alguns ben ambiciosos.

Lavoisier no és aliè a aquesta preocupació i en aquests anys revolucionaris es refereix repetidament a la necessària reforma de l'ensenyament de la química, centrant el seu discurs en la pròpia experiència i fent veure que tota la seva obra representa el resultat d'un esforç continuat en aquest sentit. La decisió d'escriure un llibre de text que recollís les seves innovacions i les incorporés a la docència de la química fou també important estratègicament, perquè donar a conèixer la seva obra als joves era un camí de consolidació. En els esborranyos del *Traité*, Lavoisier manifesta clarament que, per a ell, només la nova ciència permet desenvolupar correctament la ment dels joves.

El *Traité* es presenta com el desenvolupament de la Nomenclatura, la qual, en ser acceptada, conduirà automàticament a rebutjar els conceptes i teories antics. Però en realitat és més que això; analitzem-ho breument (Veure l'annex 2).

a) El discurs preliminar

El *Traité* comença amb el "Discours Preliminaire", que és un magnífic document amb autonomia pròpia, "un text dins del Text" que proporciona una narració interessant de la Revolució Científica.

En ell, Lavoisier defensa la Lògica de Condillac i la seva filosofia del llenguatge i ens diu que el seu Tractat ha sorgit de l'intent de perfeccionar el llenguatge de la química, "perquè no es poden aïllar la nomenclatura de la ciència i la ciència de la nomenclatura (...) el mot ha de fer néixer la idea, la idea ha de pintar el fet". Per això, qualsevol intent de perfeccionar el llenguatge beneficia les idees científiques, que s'haurien d'adaptar millor als fets.

Però el problema, en ciències, és que les idees no sempre corresponen als fets, i en canvi són divulgades de generació en generació mitjantçant un ensenyament fonamentat més en l'autoritat que en l'experimentació. "L'únic mitjà de prevenir aquestes desviacions consisteix a suprimir (...) el raonament que procedeix de nosaltres i que és l'únic que ens pot extraviar; a sotmetre'l contínuament a la prova de l'experiència; en no conservar sinó els fets que són dades de la natura i que no poden enganyar-nos; a no cercar la veritat més que en l'encadenament natural dels experiments i les observacions, de la mateixa manera que els matemàtics arriben a la solució d'un problema només amb l'ordenació de les dades, i reduint el raonament a operacions tan simples, a judicis tan curts, que no perdin mai de vista l'evidència que els serveix de guia (...) M'he imposat la llei de no procedir mai sinó d'allò conegut a allò altre desconegut, de no deduir cap conseqüència que no derivi immediatament dels experiments (...) i d'encadenar els fets i les veritats químiques en l'ordre més propi per a facilitar-ne la intel·ligència als qui comencen (...) (i fent això) era impossible que (...) no em separés dels camins ordinaris."

El lector esdevé persuadit que el sistema desenvolupat en el *Traité* és la conseqüència natural de la lògica del llenguatge que treballa sobre la ment i que origina una nova disciplina, generada pel llenguatge. Lavoisier condueix els altres, "fent de la química una àlgebra", de les paraules a les coses i de les coses a les paraules. L'obligació que s'imposa: presentar només allò que és més essencial d'un punt de vista teòric, segons una seqüència simple-complex, requereix divorciar els fenòmens químics dels seus contextos naturals i limitar-los estrictament al laboratori. Tot allò que fins el moment era

a la naturalesa (l'aire, l'aigua, els animals, els vegetals) serà un objecte experimental o un instrument controlat.

És especialment important la definició d'element. "Les substàncies que no hem pogut descompondre de cap manera són elements per a nosaltres; perquè poguem assegurar que aquests cossos (...) no estiguin compostos de dos, o fins d'un nombre més gran de principis, sinó que (...) com que nosaltres no tenim cap manera de separar-los es comporten, segons la nostra manera de veure-ho són cossos simples i no els hem de suposar compostos fins que l'experiència i l'observació no ens n'hagin proporcionat la demostració". L'element queda sota el control del químic, depèn de la seva habilitat i queda oberta la via cap a una definició operacional: l'element és allò que sempre guanya pes quan es combina.

El discurs que es considera apropiat per a la química és el teòric, com ja hem dit, però la "teoria" que ara sorgeix no procedeix ja de la filosofia natural (que es refereix a les propietats generals de la matèria i de les atraccions entre els cossos) ni de la història natural (amb classificacions més o menys reeixides de les substàncies químiques, segons el criteri de les seves propietats, origen o gènesi) sinó que és pròpiament química: queda vinculada a una única i definitiva interpretació dels experiments quantificats per la balança o pel calorímetre, de la qual se'n deriven uns noms que reflecteixen la composició i que ofereixen alhora també un nou criteri de classificació (Nye, 1983, cap. 2).

El tipus de químic que hom valora en el *Traité* és el que es deixa guiar per la lògica de la química experimental i no pas el filòsof que pot confegir el seu discurs a partir de la seva interpretació dels fets. El model de raonament que proposa és el que emergeix a partir dels intents de quantificar la naturalesa i s'inspira en el raonament matemàtic, algebraic, que s'esdevé el model per al pensament i per a tota prova demostrativa. "L'àlgebra, la més senzilla, la més exacta i la millor adaptada al seu objecte de totes les formes d'expressió és a la vegada una llengua i un mètode analític" (Anderson, 1984).

Lavoisier, amb encert, confia que els joves donaran suport a la seva nova química: són ells els qui podran convèncer-se'n més fàcilment, i no els químics experimentats que s'han avesat ja a raonar a la manera antiga. Només ells entraran en el seu joc: ensenya com aplicar un nou model a fenòmens prèviament seleccionats per poder construir el

model, deixant de banda tot allò que pot desdibuixar-lo, cosa en la qual els químics experts caurien fàcilment.

b) El format del *Traité* (tres llibres en un?)

Però Lavoisier no segueix estrictament la lògica que es proposa. El text no presenta el discurs unificat que caracteritza altres obres de Lavoisier, sinó que és una aproximació general al coneixement químic des de tres punts de vista diferents. Tal com Lavoisier mateix explica en el *Discours Preliminaire* "(...) Tot el que acabo d'exposar sobre l'ordre que m'he esforçat a seguir en l'encadenament de les formes i de les idees, solament és aplicable a la primera part d'aquesta obra; en ella mateixa ja hi ha el conjunt de la doctrina que he adoptat; solament he procurat donar-li he procurat donar la forma veritablement elemental."

Aquesta primera secció (que es refereix a la teoria de l'estat gasós i el calòric, i a les teories de l'oxigen, combustió i acidesa) és un resum de la química antiflogística, un intent d'organitzar la química al voltant de l'oxigen segons les aportacions conceptuals més importants: el principi de conservació de la matèria i els conceptes de substància simple i de substància composta. La segona part proporciona un nou repàs global de la química en 44 taules sinòptiques. Sembla un intent d'abastar tota la química descriptiva, tanmateix, hi haurà algú capaç de descodificar aquesta informació tan sintètica? En la tercera part ens ofereix una nova aproximació, des d'un punt de vista de manipulació. De manera coherent amb la fonamentació experimental que defensa, descriu els procediments experimentals moderns: gravimètric i gasomètric, i d'altres més tradicionals; gràcies a la susdita aproximació el camí que ell mateix ha seguit cap a la química experimental és refermat i facilita l'avenç del lector (Bensaude-Vincent, 1990).

c) Les limitacions i els avantatges del nou text

Escriure un text de química segons la nova lògica analítica no és tan fàcil com sembla en el *Discours Preliminaire*. Ens hauríem de preguntar fins i tot si és possible fer-ho i probablement la resposta fora negativa: la relació entre la paraula i els fets no és tan senzilla ni unívoca com se sol fer creure. El *Traité* no parla de química descriptiva, no suposa cap coneixement de química previ.... La química artificial que sorgeix de la nomenclatura no connecta amb les característiques de les substàncies conegudes, i el nou enfocament teòric vehiculat pel llenguatge no aconsegueix informar correctament i àmplia al lector.

El resultat és que Lavoisier presenta una disciplina excessivament anònima, freda, descarnada i el seu model de text no prospera. Altres textos de química general coetanis, com el text de Fourcroy, organitzen encara la química com una ciència natural, malgrat el seu caràcter antiflogístic. Més endavant, en 1792, Lavoisier escriu un interessant esborrany "Sur la manière d'enseigner la Chimie" (veure l'annex, a Bensaude-Vincent 1990) en el qual es desmarca de les seves afirmacions anteriors sobre com ensenyar la química als principiants. La nova ordenació que proposa ara és organitzada segons els apartats tradicionals que descriuen les característiques de les principals famílies de substàncies químiques. La lliçó requereix ser recordada! Ara sembla més preocupat per l'ensenyament dels diferents camps de treball de la química que pel llenguatge. Ja no pensa que sigui possible ensenyar la química a "ments verges", sinó que posa com a condició que es tinguin coneixements previs (i en la proposició vol que siguin nombrosos i variats).

El mateix Lavoisier escriu una memòria sobre la instrucció pública en 1793 i on proposa escriure un nou text per a un "Curs d'arts químiques" en el qual hi són reintegrats temes que havien estat bandejats prèviament: l'afinitat química amb les taules de Bergman, els elements diferenciats de substàncies simples, els tòpics dels llibres del XVIII sobre arts químiques: metalls, àlcalis, afinitat, química vegetal i animal.

La importància de Lavoisier consisteix en establir una manera de teoritzar que sorgeix de la mateixa química i no de la filosofia natural (que ofereix un model newtonià per a l'estructura de la matèria) ni de la història natural. La clau de la nova teoria és l'estequiometria, que anirà creant els ens "àtoms" i "molècules" pròpiament químics, i que haurà de resoldre els problemes de classificació abastant per igual la composició com la constitució de les substàncies, de la qual se'n deriven les propietats i la història natural química. Des d'aleshores s'usen de manera diferenciada i consistent els termes matèria (filosofia natural), substància (química) i cos (història natural) (Mi Gyung Kim, 1992); i "matèria" es refereix a una substància sense especificitat química, mentre que "substància" queda identificada en l'anàlisi química, té propietats químiques concretes i constitueix els cossos (Yeo, 1991).

El *Traité* no sembla una obra tan reeixida des d'un punt de vista comunicatiu com altres obres escrites de Lavoisier. Conèixer la

composició de les substàncies i posar les bases teòriques i instrumentals cap a l'estequiometria no permet encara una connexió eficaç amb les propietats físiques i químiques de les substàncies. L'elaboració de textos que transmetin una teoria química experimental són només per a especialistes assabantats de la fenomenologia i continuen essent difícils per als novells. El problema de trobar el millor llenguatge per ensenyar correctament una disciplina queda sense solució amb Lavoisier. Però si va ser això el fet que impulsà les seves reformes, hem d'avaluar molt positivament l'intent.

5.- Reflexió final: es pot encapsar el coneixement en el llenguatge? Descodificació dels llenguatges científics
 Ens podem formular algunes preguntes, com a cloenda d'aquesta reflexió.

És Lavoisier el centre de la Revolució científica?

Lavoisier volia reformar la química i certament ho va fer. Establí un nou i poderós programa d'investigació, que donà nova llum a processos com l'oxidació, la calcinació, la formació dels àcids, la constitució de les substàncies orgàniques, la respiració, els intercanvis de calor, els canvis d'estat... Aquest nou programa va establir nous conceptes, nous mètodes (mesures quantitatives d'intercanvis de matèria i de calor), noves fonamentacions epistemològiques (l'operacionalitat de les substàncies simples)...

Algunes de les fites que Lavoisier es proposava ja havien estat assolides en altres llocs, per exemple aquella que fa referència als nous conceptes sobre la composició química (a Suècia) i fins i tot sobre el calor latent (a Escòcia), impulsades per químics més experimentats que no pas Lavoisier; i Lavoisier en va rebre molts suggeriments que per a ell serien imprescindibles. Per això, l'obra de Lavoisier va ser rebuda amb indiferència en alguns indrets, on és jutjada exclusivament pel canvi dels noms de les substàncies, que és considerat inadequat, pretencions i poc afortunat, i per la vinculació de l'oxigen amb els àcids, que aviat hom veurà que no és exacta, així com la participació del caldric en la combustió. També l'ús d'instruments i el tractament matemàtic de les dades era defensat, a finals del XVIII, per un nombre creixent de químics.

Però Lavoisier fou un gran escriptor, i la importància que donà a la llengua li va permetre elaborar un discurs totalment coherent amb les innovacions que hi eren introduïdes. Gràcies a la seva ploma el lector

queda convençut que la nova manera de justificar a partir dels resultats dels instrument, fa sorgir la nova nomenclatura i els nous significats, els quals són els únics possibles d'acord amb les dades experimentals. Els canvis de mètode, d'enfocament, de significat, que s'havien anat produint requereixen nous llenguatges i Lavoisier fa una obra molt reeixida en aquest sentit, de manera que els aspectes semàntics, retòrics i denotatius del llenguatge apareixen com a resultat d'una mateixa intencionalitat: comunicar millor què és la química i ensenyar-la de manera més fàcil.

Compleix Lavoisier allò que promet en el Discours preliminar?

Lavoisier volia establir una manera nova de raonar en química, suportada per un nou llenguatge que recollís fidelment l'experimentació. És aquí on Lavoisier promet més que ho pot oferir. Certament, el seu discurs és teòric, disciplinar, rígidament vinculat a un model per a la composició de les substàncies i deixa de ser simplement "raonable". Els noms que dóna a les substàncies són teòrics; el text és normatiu, i la justificació de la normativa són els resultats d'experiments fets mitjançant instruments, que són la via cap a la quantificació que fa entrar la química en el camp de la matemàtica. I tot això, ens diu, és la manera natural de conèixer i és per això que permet ensenyar millor.

En això és on descobrim el grau de desmesurat que té el seu optimisme. L'experiment demostra que el poder de les paraules és força més limitat: el llenguatge sol no pot ensenyar, no pot transplantar el coneixement sobre el món com si el contingúés encapsat. La descodificació la fa cadascú i cal un procés hermenèutic per fer-la bé. En el cas de la química, el procés requereix conèixer els aspectes descriptius i manipulatius que li són propis.

El fet de donar un nom "teòric" per a cada substància no és suficient per reproduir tota la teoria en la ment del lector. El nou llenguatge de la química segons l'aspiració tan sovint manifestada cap a un llenguatge adaptat a la naturalesa de les coses permet la resurrecció de les teories atòmiques gregues, que vindrà de seguida amb l'obra de J. Dalton, però allunya el lector de les qualitats de les coses, que han estat bandejades voluntàriament del discurs per tal de simplificar-lo i fer-lo esdevenir "algebraic".

Per això, allò que comuniquen els textos de Lavoisier és una visió analítica i teòrica del món, que caldrà descodificar per poder arribar

a l'experiment real, i encara més si volem atènyer el comportament químic de la naturalesa.

Quina és l'herència que deixa i com s'ha desenvolupat?

Lavoisier separa el llenguatge del científic del llenguatge del polític. Malgrat que la seva mort es produí per motius polítics, la seva obra científica mai no hi quedà compromesa. Ens proporcionà un llenguatge científic normatiu, perquè "reprodueix l'ordre que hi ha a la naturalesa" i gràcies a aquest llenguatge els textos passen de ser narratius a esdevenir fonamentalment analítics.

Encara ara l'ensenyament de la química es fonamenta sovint en aquesta mateixa concepció del llenguatge: si els alumnes aprenen a formular, ja podran comprendre els conceptes químics, perquè les fórmules estan escrites segons els principis teòrics de la química! Però la realitat ens desenganya ben aviat: les fórmules químiques no informen sobre l'experimentació química ni sobre les diferents propietats de les substàncies i no poden ser descodificades per aquells qui no coneixen la fenomenologia química. La creació de significats és un procés molt més lent i no pot ser substituïda per cap definició ni per cap paraula suposadament carregada de significat.

La quotidianitat enfosqueix l'anàlisi de la construcció de les ciències mentre s'està produint; però la perspectiva històrica permet veure-hi aspectes que des de més a prop se'ns escapen, com aquesta problemàtica del llenguatge que ara hem analitzat. Per això, alguns creiem que la història de les ciències és un complement a l'estudi d'una disciplina, especialment per als qui ens dediquem professionalment a ensenyar-la: la història permet millorar l'anàlisi de la disciplina que és prèvia a la seva reconstrucció didàctica.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, W., 1984. *Between the Library and the Laboratory*. The J. Hopkins University Press: Baltimore and London
- BENSAUDE- VINCENT, B., 1990. A view of the chemical revolution through contemporary textbooks: Lavoisier, Fourcroy and Chaptal. *BJHS*, 23, 435-460
- BENSAUDE- VINCENT, B., 1994. Une charte fondatrice. Introducció a la reedició de la "Méthode de Nomenclature chimique" Seuil: Paris
- BENSAUDE- VINCENT, B., 1993. *Lavoisier. Mémoire d'une Révolution*. Flammarion: Paris
- CHRISTIE, J.R.R., GOLINSKI, J.V., 1982. The spreading of the word: new directions in the historiography of chemistry, 1600-1800. *Hist. Sci.*, xx, pp. 235-266.
- CROSLAND, M., 1973. Lavoisier's Theory of Acidity. *Isis*, 64, pp 306-325
- DAGOGNET, F., 1969. *Tableaux et langages de la Chimie*. Ed. Seuil: Paris
- DEAR, P., 1985. Totius in Verba. Rethoric and Authority in the Early Royal Society. *Isis*, 76, pp 145-161
- DEAR, P., 1990. Miracles, Experiment and the Ordinary Course of Nature. *Isis*, 81, 663-683.
- DONOVAN, A., 1993. *Antoine Lavoisier. Science, Administration and Revolution*. Oxford & Cambridge: Blackwell
- GYUNG KIM, Mi, 1992. The layers of chemical language: constitution of bodies v. structure of matter. *Hist. Sci.*, xxx, 69-96.
- GOLINSKI, J.V., 1990. Language, Discourse and Science. In "The Companion to the History of Modern Science. Olby, Cantor, Christie, Hodge, Ed. Routledge.
- GOUGH, J.B., 1983. Lavoisier's Memoirs on the Nature of Water and their place in the chemical revolution. *Ambix*, 30, 89-106.
- HOLMES, F.L., 1987. Scientific Writing and Scientific Discovery. *Isis* 78, pp. 220-235
- IZQUIERDO, M., 1994. Té fonament la crítica de Lavoisier a Scheele? Conferència pronunciada a la Societat Catalana d'Història de les Ciències, no publicada.
- KUHN, T.S., 1971 (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica: México
- LAVOISIER, A.L. (1862-64) *Oeuvres*. Imprimerie Impériale. Paris.
- MEINEL, C., 1988. Early Seventeenth- Century Atomism. Theory, Epistemology and the Insufficiency of Experiment. *Isis*, 79, 68-103

- MIALARET, G., 1981. *Histoire mondiale de l'éducation*. Vol. II. Presses Universitaires de France. Paris.
- NYE, M.J., 1993. *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry*. University of California Press: Berkeley
- PERRIN, C.E., 1989. Document, Text and Myth: Lavoisier' Crucial Year revisited. *BLHS*, 22, 3-25
- PICKERING, A., 1989. Living in the material world. In "The uses of experiment". Ed. by Gooding et al. Cambridge University Press: Cambridge
- PRELLI, L.J., 1989. *A Rethoric of Science*. University of South Carolina Press.
- ROBERTS, L., 1991. A Word and the World. The significance of Naming the Calorimeter. *Isis*, 82, 198-222.
- SIEGFRIED, R., 1982. Lavoisier's Table of simple substances: its origin and interpretation. *Ambix* 29, 29-45
- SMEATON, W.A., 1954. The contribution of P.J. Macquer and L.B. Guyton de Morveau to the reform of Chemical Nomenclature. *Annals of Science*, 10 (2) 87-106
- THAGARD, P., 1992. The conceptual structure of the chemical revolution. *Philosophy of Science*, 57, 183-209.
- YEO, R., 1991. Reading Enciclopedias. *Isis*, 82, 24-4

ANNEX 1

MÉMOIRE

SUR

LA NATURE DU PRINCIPE

QUI SE COMBINE AVEC LES MÉTAUX PENDANT LEUR CALCINATION

ET QUI EN AUGMENTE LE POIDS¹.

Existe-t-il différentes espèces d'air? Suffit-il qu'un corps soit dans un état d'expansibilité² durable pour constituer une espèce d'air? Enfin, les différents airs que la nature nous offre, ou que nous parvenons à former, sont-ils des substances à part, ou des modifications de l'air de l'atmosphère? Telles sont les principales questions qui embrassent le plan que je me suis formé, et dont je me propose de mettre successivement le développement sous les yeux de l'Académie. Mais le temps consacré à nos séances publiques ne me permettant pas de traiter aucune de ces questions dans toute son étendue, je me renfermerai aujourd'hui dans un seul cas particulier, et je me bornerai à faire voir

¹ Mémoire lu à la rentrée publique de Pâques 1775, relu le 8 août 1778. (*Mémoires de l'Académie des sciences*, année 1775, p. 520.) — Les premières expériences relatives à ce mémoire ont été faites il y a plus d'un an; celles sur le mercure précipité *per se* ont d'abord été tentées au verre ardent dans le mois de novembre 1774, et faites ensuite avec toutes les précautions et les soins nécessaires dans le laboratoire de Montigny, conjointement avec M. Trudaine, les 28 février, 1^{er} et 2 mars de cette année;

enfin, elles ont été répétées de nouveau, le 31 mars dernier, en présence de M. le duc de la Rochefoucault, de MM. Trudaine, de Montigny, Macquer et Cadet.

² Le mot d'*expansibilité*, que j'emploierai dans ce mémoire, est aujourd'hui consacré pour les physiciens et pour les chimistes, depuis qu'un auteur moderne en a fixé le sens dans un article très-étendu, rempli des vues les plus vastes et les plus neuves. (Voy. *Encyclopédie*, t. II, p. 274.)

DU PRINCIPE QUI SE COMBINE AVEC LES MÉT. EN CALC. 123

que le principe qui s'unit aux métaux pendant leur calcination, qui en augmente le poids et qui les constitue dans l'état de chaux, n'est autre chose que la portion de l'air la plus salubre et la plus pure; de sorte que, si l'air, après avoir été engagé dans une combinaison métallique, redevient libre, il en ressort dans un état éminemment respirable, et plus propre que l'air de l'atmosphère à entretenir l'inflammation et la combustion des corps.

La plupart des chaux métalliques ne se réduisent, c'est-à-dire ne reviennent à l'état de métal, que par le contact immédiat d'une matière charbonneuse, ou d'une substance quelconque, qui contienne ce qu'on nomme le *phlogistique*. Le charbon qu'on emploie se détruit en entier dans cette opération, lorsque la dose en est bien proportionnée; d'où il suit que l'air qui se dégage des réductions métalliques par le charbon n'est pas un être simple; qu'il est en quelque façon le résultat de la combinaison du fluide élastique dégagé du métal, et de celui dégagé du charbon; donc, de ce qu'on obtient ce fluide dans l'état d'air fixe, on n'est point en droit d'en conclure qu'il existait dans cet état dans la chaux métallique avant sa combinaison avec le charbon.

Ces réflexions m'ont fait sentir combien il était essentiel, pour débrouiller le mystère de la réduction des chaux métalliques, de diriger toutes mes expériences sur celles qui sont réductibles sans addition. Les chaux de fer m'offraient cette propriété: en effet, de toutes celles, soit naturelles, soit artificielles, que nous avons exposées au foyer des grands verres ardents, soit de M. le Régent, soit de M. Trudaine, il n'en est aucune qui n'ait été réduite en totalité sans addition.

J'ai essayé, en conséquence, de réduire, à l'aide du verre ardent, plusieurs espèces de chaux de fer sous de grandes cloches de verre renversées dans du mercure, et je suis parvenu à en dégager par ce moyen une grande quantité de fluide élastique; mais, comme en même temps ce fluide élastique se trouvait mélangé avec l'air commun contenu dans la capacité de la cloche, cette circonstance jetait une grande incertitude sur mes résultats; aucune des épreuves auxquelles je soumettais cet air n'était parfaitement concluante, et il m'é-

MÉMOIRES DE LAVOISIER.

tait impossible d'assurer si les phénomènes que j'obtenais dépendaient de l'air commun, de celui dégagé de la chaux de fer, ou de la combinaison des deux ensemble. Ces expériences n'ayant point rempli mon objet, j'en supprime ici le détail; elles trouveront d'ailleurs leur place naturelle dans d'autres mémoires.

Comme ces difficultés tenaient à la nature même du fer, à la qualité réfractaire de ses chaux, et à la difficulté de les réduire sans addition, je les ai regardées comme insurmontables, et j'ai cru dès lors devoir m'adresser à une autre espèce de chaux, d'un traitement plus facile, et qui eût, comme les chaux de fer, la propriété de se réduire sans addition. Le mercure précipité *per se*, qui n'est autre chose qu'une chaux de mercure, comme l'ont déjà avancé quelques auteurs, et comme on en sera mieux convaincu encore par la lecture de ce mémoire, le mercure précipité *per se*, dis-je, m'a paru propre à remplir complètement l'objet que j'avais en vue : personne, en effet, n'ignore plus aujourd'hui que cette substance est réductible sans addition à un degré de chaleur très-médiocre. Quoique j'aie répété un grand nombre de fois les expériences que je vais rapporter, je n'ai pas cru devoir donner ici le détail de chacune d'elles en particulier, dans la crainte de trop grossir ce mémoire, et j'ai confondu, en conséquence, en un seul récit des circonstances qui appartiennent à plusieurs répétitions de la même expérience.

Pour m'assurer d'abord si le mercure précipité *per se* était une véritable chaux métallique, s'il donnait les mêmes résultats, la même espèce d'air par la réduction, suivant la méthode ordinaire, c'est-à-dire, pour me servir de l'expression reçue, avec addition de phlogistique, j'ai mêlé une once de cette chaux avec 48 grains de charbon en poudre, et j'ai introduit le tout dans une petite cornue de verre de deux pouces cubiques au plus de capacité, que j'ai placée dans un fourneau de réverbère proportionné à sa grandeur. Le col de cette cornue avait environ un pied de longueur et trois à quatre lignes de diamètre; il avait été coudé en différents endroits à la lampe d'émailleur, et son extrémité était disposée de manière à pouvoir s'engager sous une cloche de verre suffisamment grande, remplie d'eau et renversée dans un baquet

DU PRINCIPE QUI SE COMBINE AVEC LES MÉT. EN CALC. 125

également rempli d'eau : l'appareil qui est maintenant sous les yeux de l'Académie suffira pour lui donner une idée de l'opération. Cet appareil, tout simple qu'il est, est d'autant plus exact, qu'il n'y a ni soudeure, ni lut, ni enfin aucun passage à travers lequel l'air puisse s'introduire ou s'échapper.

Sitôt que le feu a été mis sous la cornue, et qu'elle a senti les premières impressions de la chaleur, l'air commun qu'elle contenait s'est dilaté, et il en a passé quelque peu dans la cloche; mais, vu la petitesse de la partie vide de la cornue, cet air ne pouvait pas faire d'erreur sensible, et sa quantité, en évaluant tout au plus haut, pouvait à peine monter à un pouce cubique. A mesure que la cornue a commencé à s'échauffer davantage, l'air s'est dégagé avec beaucoup de rapidité, et a monté au travers de l'eau dans la cloche; l'opération n'a pas duré plus de trois quarts d'heure, encore le feu a-t-il été ménagé pendant cet intervalle. Lorsque la totalité de la chaux de mercure a été réduite, et que l'air a cessé de passer, j'ai marqué la hauteur où l'eau s'était arrêtée dans la cloche, et j'ai trouvé que la quantité d'air dégagé avait été de 64 pouces cubiques, sans compter la portion qui avait dû nécessairement être absorbée par l'eau en la traversant.

J'ai soumis cet air à un grand nombre d'épreuves dont je supprime le détail, et il en a résulté, 1° qu'il était susceptible de se combiner avec l'eau par l'agitation, et de lui communiquer toutes les propriétés des eaux acidules, gazeuses ou aériennes, telles que sont celles de Seltz, de Pougues, de Bussang, de Pyrmont, etc. 2° qu'il faisait périr en quelques secondes les animaux qu'on y plongeait; 3° que les bougies, et généralement tous les corps combustibles, s'y éteignaient à l'instant; 4° qu'il précipitait l'eau de chaux; 5° qu'il se combinait avec une grande facilité avec les alcalis soit fixes, soit volatils, qu'il leur ôtait leur causticité et leur donnait la propriété de cristalliser. Toutes ces qualités sont précisément celles de l'espèce d'air connue sous le nom d'*air fixe*, tel que je l'ai obtenu de la réduction du *minium* par la poudre de charbon, tel qu'il se dégage des terres calcaires et des alcalis effervescents par leur combinaison avec les acides, des matières végétales en fer-

MÉMOIRES DE LAVOISIER.

mentation, etc. Il était donc constant que le mercure précipité *per se* donnait les mêmes produits que les autres chaux métalliques, par la réduction avec addition de phlogistique, et qu'il rentrait par conséquent dans la classe générale des chaux métalliques.

Il n'était plus question que d'examiner cette chaux seule, de la réduire sans addition, de voir s'il s'en dégagait de même quelque fluide élastique, et, en supposant qu'il s'en dégagât, d'en déterminer la nature. Pour remplir cet objet, j'ai mis dans une cornue, également de deux pouces cubiques de capacité, une once de mercure précipité *per se* seul; j'ai disposé l'appareil de la même manière que dans l'expérience précédente, et j'ai fait en sorte que toutes les circonstances fussent exactement les mêmes; la réduction s'est faite cette fois un peu plus difficilement que par l'addition du charbon; elle a exigé plus de chaleur, et il n'y a eu d'effet sensible que lorsque la cornue a commencé légèrement à rougir; alors l'air s'est dégagé peu à peu, a passé dans la cloche, et, en soutenant le même degré de feu pendant deux heures et demie, la totalité du mercure a été réduite.

L'opération achevée, il s'est trouvé d'une part, tant dans le col de la cornue que dans un vaisseau de verre, que j'avais disposé au-dessous de l'eau sous son bec, 7 gros 18 grains de mercure coulant; de l'autre, la quantité d'air passée dans la cloche s'est trouvée de 78 pouces cubiques; d'où il suit qu'en supposant que toute la perte de poids dût être attribuée à l'air, chaque pouce cubique devait peser un peu moins de deux tiers de grain, ce qui ne s'écarte pas beaucoup de la pesanteur de l'air commun.

Après avoir ainsi fixé ces premiers résultats, je n'ai rien eu de plus pressé que de soumettre les 78 pouces cubiques d'air que j'avais obtenus à toutes les épreuves propres à en déterminer la nature, et j'ai reconnu avec beaucoup de surprise :

1° Qu'il n'était pas susceptible de se combiner avec l'eau par l'agitation;

2° Qu'il ne précipitait pas l'eau de chaux, mais qu'il la troublait seulement d'une manière presque insensible;

DU PRINCIPE QUI SE COMBINE AVEC LES MÉT. EN CALC. 127

3° Qu'il ne contractait aucune union avec les alcalis fixes ou volatils;

4° Qu'il ne diminuait en rien leur qualité caustique;

5° Qu'il pouvait servir de nouveau à la calcination des métaux;

6° Enfin, qu'il n'avait aucune des propriétés de l'air fixe : loin de faire périr, comme lui, les animaux, il semblait, au contraire, plus propre à entretenir leur respiration; non-seulement les bougies et les corps embrasés ne s'y éteignaient pas, mais la flamme s'y élargissait d'une manière très-remarquable; elle jetait beaucoup plus de lumière et de clarté que dans l'air commun; le charbon y brûlait avec un éclat presque semblable à celui du phosphore, et tous les corps combustibles en général s'y consumaient avec une étonnante rapidité. Toutes ces circonstances m'ont pleinement convaincu que cet air, loin d'être de l'air fixe, était dans un état plus respirable, plus combustible, et, par conséquent, qu'il était plus pur que l'air même dans lequel nous vivons.

Il paraît prouvé, d'après cela, que le principe qui se combine avec les métaux pendant leur calcination, et qui en augmente le poids, n'est autre chose que la portion la plus pure de l'air même qui nous environne, que nous respirons, et qui passe, dans cette opération, de l'état d'expansibilité à celui de solidité; si donc on l'obtient dans l'état d'air fixe, dans toutes les réductions métalliques où l'on emploie le charbon, c'est à la combinaison de ce dernier avec la portion pure de l'air qu'est dû cet effet, et il est très-vraisemblable que toutes les chaux métalliques ne donneraient, comme celles de mercure, que de l'air éminemment respirable, si l'on pouvait toutes les réduire sans addition, comme on réduit le mercure *précipité per se*.

Tout ce qu'on vient de dire de l'air des chaux métalliques peut s'appliquer naturellement à celui qu'on obtient du nitre par la détonation; on sait, par nombre d'expériences déjà publiées, et dont j'ai répété le plus grand nombre, que la plus grande partie de cet air est dans l'état d'air fixe, qu'il est mortel pour les animaux qui le respirent, qu'il a la propriété de s'unir facilement avec la chaux et les alcalis, de les adoucir et de les faire cristalliser; mais, comme en même temps la

MÉMOIRES DE LAVOISIER.

détonation du nitre n'a lieu que par l'addition du charbon ou d'un corps quelconque qui contient du phlogistique, on ne peut guère douter qu'il ne s'opère encore, dans cette circonstance, une conversion d'air éminemment respirable en air fixe; d'où il suivrait que l'air combiné dans le nitre, et qui produit les explosions terribles de la poudre à canon, est la portion respirable de l'air de l'atmosphère privé de son expansibilité, et qui est un des principes constituants de l'acide nitreux.

Puisque le charbon disparaît en entier dans la revivification de la chaux de mercure, et qu'on ne retire, dans cette opération, que du mercure et de l'air fixe, on est forcé d'en conclure que le principe auquel on a donné, jusqu'ici, le nom d'*air fixe*, est le résultat de la combinaison de la portion éminemment respirable de l'air avec le charbon; et c'est ce que je me propose de développer d'une manière plus satisfaisante, dans la suite de mémoires que je donnerai sur cet objet.

ANNEX 2

DISCURS PRELIMINAR

Jo no tenia altre objecte, quan vaig emprendre aquesta obra, que donar més desenrotllo a la Memòria que vaig llegir en la sessió pública de l'Acadèmia de Ciències en el mes d'abril de 1787, sobre la necessitat de reformar i de perfeccionar la nomenclatura de la química.

Al ocupar-me d'aquest treball vaig sentir, millor que no ho havia experimentat fins aleshores, l'evidència dels principis posats per l'abbé de Condillac en sa Lògica i en qualques altres de ses obres. Ell hi estableix que *nosaltres no pensem sinó amb l'ajuda de les paraules; que les llengües són veraders mètodes analítics; que l'àlgebra, la més senzilla, la més exacta i la millor adaptada al seu objecte de totes les maneres d'expressar-se, és, a la vegada, una llengua i un mètode analític; en fi, que l'art de raonar es redueix a una llengua ben feta*. I en efecte; mentres que jo creia ocupar-me sols de nomenclatura, mentres que jo no tenia altre objecte que perfeccionar el llenguatge de la química, la meua obra s'ha transformat insensiblement entre les meves mans, sense que m'hagi sigut possible impedir-ho, en un tractat elemental de química.

VIII

TRACTAT ELEMENTAL DE QUÍMICA

La impossibilitat d'isolar la nomenclatura, de la ciència, i la ciència, de la nomenclatura, es deu a què tota ciència física està necessàriament formada de tres coses: la sèrie de fets que constitueixen la ciència, les idees que els recorden i els mots que els expressen. El mot ha de fer nàixer la idea, la idea ha de pintar el fet: són com tres marques del mateix segell, i com són els mots els que conserven les idees i les transmeten, resulta que hom no pot perfeccionar el llenguatge sense perfeccionar la ciència, ni la ciència sense el llenguatge, i que, per certs que fossin els fets, per justes que fossin les idees que haguessin fet nàixer, sols transmetrien impressions falses si no tinguéssim expressions exactes per a exposar-los.

La primera part d'aquest tractat proporcionarà proves freqüents d'aquesta veritat als que meditin bé; però com que m'he vist forçat a seguir-hi un ordre que es diferencia essencialment del que ha sigut adoptat fins ara en totes les obres de química, haig de donar compte dels motius que m'hi han determinat.

Es un principi ben constant, i qual generalitat està ben reconeguda en les matemàtiques, com en tots els gèneres de coneixements, que per a instruir-nos, sols podem procedir de lo conegut a lo desconegut. En nostra primera infantesa, les idees ens venen de nostres necessitats; la sensació de nostres necessitats fa nàixer la idea dels objectes propis per a satisfer-les, i insensiblement, per un seguit de sensacions, d'observacions i d'anàlisis, es forma una generació successiva d'idees totes lligades unes amb altres, en les quals un observador atent pot arribar, fins a cert punt, a retrobar-hi el fil i l'encadenament, i que constitueixen el conjunt de lo que sabem.

Quan ens dediquem per primera vegada a l'estudi d'una ciència, ens trobem, en relació amb aquesta, en un estat molt anàleg al dels infants, i el camí que hem de seguir és precisament el que segueix la natura en la formació de

llurs idees. Aixís com en l'infant, la idea és un efecte de la sensació, i és la sensació que fa nàixer la idea, igualment per al que comença a dedicar-se a l'estudi de les ciències físiques, les idees no han d'ésser més que una conseqüència, una deducció immediata d'una experiència o d'una observació.

Siguim permès afegir, que el que entra en la carrera de les ciències es troba en una situació menys aventajosa que l'infant al adquirir ses primeres idees. Si l'infant s'enganya sobre els efectes bons o perjudicials dels objectes que l'envolten, la natura li dóna mitjans multiplicats per a rectificar-se. A cada instant, el judici que ha fet és redreçat per l'experiència. La privació o el dolor venen com conseqüència d'un judici fals; la joia i el plaer, com derivació d'un judici just. Amb aquests mestres, hom no tarda pas a esdevenir conseqüent, i ben aviat hom raona amb justesa, quan no pot fer-ho d'altre mode sots pena de privació o de sofriment.

No és pas lo mateix en l'estudi i en la pràctica de les ciències: els judicis falsos que fem no interessen nostra existència ni el nostre benestar; cap interès físic ens obliga a rectificar-nos; al contrari, la imaginació que sempre té tendència a portar-nos més enllà de la veritat, l'amor propi i la confiança en nosaltres mateixos, que tant bé sap inspirar-nos, ens solliciten a treure conseqüències que no deriven immediatament dels fets; de manera que, fins a cert punt, ens trobem interessats en seduir-nos a nosaltres mateixos. No és, doncs, sorprenent que, en les ciències físiques en general, hom hagi sovint suposat en lloc de concloure; que les suposicions transmises de generació en generació hagin esdevingut cada vegada més imposants pel pes de l'autoritat que han adquirit, i que, finalment, hagin sigut adoptades i considerades com veritats fonamentals, fins per esperits molt bons.

L'únic mitjà de prevenir aquestes desviacions, consisteix en suprimir, o al menys en simplificar tant com sigui possible, el raonament que procedeix de nosaltres i que és el sol

X —

TRACTAT ELEMENTAL DE QUÍMICA

que ens pot extraviar; en sotmetre'l contínuament a la prova de l'experiència; en no conservar sinó els fets que són donades de la natura i que no poden enganyar-nos; en no buscar la veritat més que en l'encadenament natural de les experiències i les observacions, de la mateixa manera que els matemàtics arriben a la solució d'un problema per la senzilla ordenació de les donades, i reduint el raonament a operacions tant simples, a judicis tant curts, que no perdin mai de vista l'evidència que els serveix de guia.

Convencut d'aquestes veritats, m'he imposat la llei de no procedir mai sinó de lo conegut a lo desconegut, de no deduir cap conseqüència que no derivi immediatament de les experiències i de les observacions, i d'encadenar els fets i les veritats químiques en l'ordre més propi per a facilitar-ne la intel·ligència als que comencen. Era impossible que subjectant-me en aquest pla, no em separés dels camins ordinaris. En efecte: és una falta comú a tots els cursos i a tots els tractats de química, el suposar, des de els primers passos, coneixements que el deixeble o el llegidor no adquiriran fins en les lliçons següents. Hom comença en quasi tots per tractar dels principis dels cossos, per explicar la taula d'afinitats, sense fer-se càrrec de que hom està obligat a passar revista des de el primer dia a tots els principals fenòmens de la química, a servir-se d'expressions que encara no han sigut definides, i a suposar la ciència ja adquirida per aquells als quals hom es proposa ensenyar-la. És cosa reconeguda, endemés, que en un primer curs de química hom aprèn sols poca cosa; que amb un any, tot just n'hi ha prou per a familiarisar l'orella amb el llenguatge, els ulls amb els aparells, i que és casi impossible de formar un químic en menys de tres o quatre anys.

Aquests inconvenients depenen menys de la naturalesa de les coses que de la forma del ensenyament, i això és lo que m'ha determinat a donar a la química una disposició que em sembla més conforme amb la de la natura. No he

deixat de veure que volent evitar un gènere de dificultats, queia en un altre, i que em seria impossible de vèncelles totes; però jo crec, que les que queden no pertanyen a l'ordre que m'he prescrit, que són més aviat conseqüències de l'estat d'imperfeció en que encara es troba la química. Aquesta ciència presenta llacunes nombroses, que interrompen la sèrie dels fets, i que exigeixen enllaços molestosos i difícils. No té, com la geometria elemental, l'avantatge d'ésser una ciència completa i en la qual totes les parts estan estretament lligades entre elles; però a la vegada, la seva marxa actual és tant ràpida, els fets es disposen d'una manera tant felïç en la doctrina moderna, que podem esperar, fins dintre de la nostra vida, veure-la acostarse molt al grau de perfecció que és susceptible d'atènyer.

Aquesta llei rigorosa, de la que no m'he tingut de separar, de no concloure res més enllà de lo que les experiències presenten, i de no suplir mai el silenci dels fets, no m'ha permès comprendre en aquesta obra la part de la química més susceptible, potser, d'esdevenir un dia una ciència exacta: la que tracta de les afinitats químiques o atraccions electives. M. Geoffroy, M. Gellert, M. Bergman, M. Scheele, M. de Morveau, M. Kirwan i molts altres, han reunit ja una multitud de fets particulars que sols esperen el lloc que els ha d'ésser assignat; però manquen les donades principals, o al menys, les que tenim no són encara prou precises, ni prou certes, per a formar la base fonamental damunt la qual ha de reposar una part tant important de la química. La ciència de les afinitats és, endemés, a la química ordinària, lo que la geometria transcendent és a la geometria elemental, i no he cregut oportú complicar amb dificultats tant grans uns elements senzills i fàcils, que estaran, segons jo espero, al nivell de comprensió d'un nombre molt gros de llegidors.

Potser un sentiment d'amor propi ha augmentat, sense que jo mateix m'en donés compte, el pes d'aquestes refle-

XII

TRACTAT ELEMENTAL DE QUÍMICA

xions. M. de Morveau està a punt de publicar l'article *Afinitat* de l'«Enciclopèdia Metòdica», i jo tenia força motius per a témer el treballar en competència amb ell.

Hom no mancarà de sorprendre's al no trobar en un tractat elemental de química, un capítol sobre les parts continents i elementals dels cossos; però jo faré remarcar aquí, que aquesta tendència que tenim de voler que tots els cossos de la natura, sols estiguin compostats de tres o quatre elements, és un prejudici que ens ve dels filòsofs grecs. L'admissió de quatre elements, que, per la varietat de llurs propietats, componen tots els cossos que coneixem, és una pura hipòtesi, imaginada molt temps abans de posseir les primeres nocions de física experimental i de química. Hom no tenia encara fets i ja hom formava sistemes, i avui dia, que nosaltres hem recollit fets, sembla que ens esforcem en despreciar-los quan no enquadren amb els nostres prejudicis; veieu, doncs, fins a quin punt és cert, que el pes de l'autoritat d'aquests pares de la filosofia humana es fa sentir encara, i que ella pesarà, sens dubte, damunt de les generacions que han de venir.

Es una cosa molt remarcable, que, tot i ensenyant la doctrina dels quatre elements, no hi ha cap químic que, per la força dels fets, no hagi sigut portat a admetre'n un nombre més gran. Els primers químics que varen escriure després del renaixement de les lletres, consideraven el sofre i la sal com substàncies elementals que entraven en la combinació d'un gran nombre de cossos: reconeixien, doncs, l'existència de sis elements en lloc de quatre. Becher admetia tres terres, i era de llur combinació i de la diferència de proporcions, que resultava, segons ell, la diferència que existeix entre les substàncies metàl·liques. Stahl va modificar aquest sistema: tots els químics que l'han succeït s'han permès de fer-hi canvis, fins d'imaginar-ne d'altres, però tots han deixat conduir-se per l'esperit de llur segle, que es contentava d'assercions sense proves, o

que, al menys, considerava com a tals, probabilitats molt lleugeres.

Tot lo que hom pot dir sobre el nombre i la naturalesa dels elements, es limita, segons jo, a discussions purament metafísiques; són problemes indeterminats els que hom es proposa resoldre, que són susceptibles d'una infinitat de solucions, però de les quals és probable que cap estigui d'acord amb la natura. Em limitaré, doncs, a dir, que si creiem designar amb el nom dels elements, les molècules simples e indivisibles que componen els cossos, és probable que no'ls coneixem pas; però si, al contrari, nosaltres unim al nom dels elements o dels principis dels cossos, la idea del darrer terme on arriba l'anàlisi, totes les substàncies que encara no hem pogut descomposar per cap medi, són elements per a nosaltres; no perquè puguem assegurar que aquests cossos, que considerem com a simples, no estiguin composts de dos o fins d'un nombre més gran de principis, sinó que, com que aquests principis no es separen mai, millor dit, com que nosaltres no tenim cap medi de separar-los, es comporten al nostre mode de veure a la manera dels cossos simples, i no els hem de suposar composts fins que l'experiència i l'observació ens en hagin proporcionat la demostració.

Aquestes reflexions sobre la marxa de les idees s'apliquen naturalment a l'elecció dels mots que han d'expressar-les. Guiat pel treball que en 1787 férem en col·laboració M. de Morveau, M. Berthollet, M. de Fourcroy i jo, sobre la nomenclatura de la química, he designat, sempre que he pogut, les substàncies simples per mots simples, essent aquestes les que en primer terme m'he vist obligat a nomenar. Hom es pot recordar, que nosaltres vàrem esforçar-nos en conservar a totes les substàncies els noms que porten en la societat; solament en dos cassos ens hem permès canviar-los: el primer, en les substàncies descobertes fa poc i que encara no havien sigut nomenades, o al menys en

XIV

TRACTAT ELEMENTAL DE QUÍMICA

aquelles que feia poc temps que ho havien sigut i quals noms, encara nous, no havien sigut sancionats per una adopció general; el segon, quan els noms adoptats, sigui pels antics, sigui pels moderns, ens han semblat evocar idees evidentment falses, que podien fer confondre la substància que designaven, amb altres que estan dotades de propietats diferents o oposades. No hem tingut aleshores cap inconvenient en substituir-los per altres que hem derivat principalment del grec; ho hem fet de manera que expressin la propietat més general, la més característica de la substància, i hi hem trobat l'aventatge de descarregar la memòria dels començants, que difícilment retenen un nom nou quan és completament buit de sentit, i d'acostumar-los des d'un principi a no admetre cap mot sense afegir-hi una idea.

Per lo que toca als cossos formats per reunió de moltes substàncies simples, els hem designat per noms composts com ja ho són aquestes substàncies; però com que el nombre de combinacions binàries és ja molt considerable, hauriem caigut en el desordre i la confusió si no ens haguessim decidit a formar-ne classes. El nom de classes i de gèneres és, en l'ordre natural de les idees, el que recorda la propietat comú a un gran nombre d'individus; el d'espècies, al contrari, és el que redueix la idea a les propietats particulars d'alguns individus.

Aquestes distincions no solament han sigut fetes, com hom podria pensar, per la metafísica; ho han sigut per la natura. «Un infant», diu l'abbé de Condillac, «designa amb el nom *arbre* al primer arbre que li ensenyem. Un segon arbre que després vegi, li recorda la mateixa idea, i li dóna el mateix nom; igual passa amb un tercer, amb un quart, i ve't-aquí el mot *arbre* donat de primer a un individu, que esdevé per a ell un nom de classe o de gènere, una idea abstracta que comprèn tots els arbres en general. Però, quan nosaltres li haurem fet remarcar que tots els

arbres no serveixen per als mateixos usos, que no tots donen els mateixos fruits, apendrà aviat a distingir-los per noms específics i particulars». Aquesta lògica és la de totes les ciències, i, naturalment, també s'aplica a la química.

Els àcids, per exemple, estan compostats per dues substàncies de l'ordre d'aquelles que considerem com a simples: una que constitueix l'acidesa i que és comú a tots, de la qual ha de derivar-se el nom de la classe o gènere; altra que és propia de cada àcid, que diferencia els uns dels altres, i de la qual ha de derivar-se el nom específic.

No obstant, en la major part de cassos, els dos principis constituents, el principi acidificant i el principi acidificat, poden existir en proporcions diferents, que constitueixen totes punts d'equilibri o de saturació; això és lo que hom observa en l'àcid sulfúric i en l'àcid sulfurós; aquests dos àcids els hem expressat fent variar l'acabament del nom específic.

Les substàncies metaliques que han sigut exposades a l'acció reunida de l'aire i del foc, perden llur esclat metàl·lic, augmenten de pes i agafen una apariència terrosa; en aquesta forma, estan compostades, com els àcids, d'un principi que és comú a totes, i d'un principi particular propi de cadascuna; també hem hagut d'agrupar-les sota un nom genèric derivat del principi comú, i el nom que hem adoptat és el d'*òxid*; després hem diferenciat els uns dels altres pel nom particular del metall a què pertanyen.

Les substàncies combustibles que, en els àcids i en els òxids metàl·lics, són un principi específic i particular, són susceptibles d'esdevenir a llur torn un principi comú a un gran nombre de substàncies. Les combinacions sulfuroses han sigut durant molt temps les úniques d'aquest gènere que hom coneixia; hom sab avui en dia, segons les experiències de MM. Vandermonde, Monge i Berthollet, que el carbó es combina amb el ferro, i potser amb molts altres me-

XVI

TRACTAT ELEMENTAL DE QUÍMICA

talls, i que, segons les proporcions, en resulta acer, plom-bagina, etc. Hom sab igualment, per les experiències de M. Pelletier, que el fòsfor es combina amb un gran nombre de substàncies metàliques. Aquestes diferents combinacions, les hem reunit també sota noms genèrics derivats del de la substància comú, amb una terminació que recorda aquesta analogia, i les hem especificat amb un altre nom, derivat de llur substància pròpia.

La nomenclatura dels compostos de tres substàncies simples, presentarà una mica més de dificultat a causa de llur nombre, i especialment perquè hom no pot expressar la naturalesa de llurs principis constituents sense emprar noms més complicats. En els cossos que formen aquesta classe, com per exemple les sals neutres, hem tingut de considerar: primer, el principi acidificant que és comú a tots; segon, el principi acidificable que constitueix llur àcid propi, i tercer, la base salina, terrosa o metàlica que determina l'espècie particular de la sal. El nom de cada classe de sals l'hem derivat del principi acidificable comú a tots els individus de la classe, i hem diferenciat després cada espècie, pel nom de la base salina, terrosa o metàlica que li és particular.

Una sal, encara que estigui composada dels mateixos tres principis, pot trobar-se, no obstant, en estats molt diferents, sols per diferències en llur proporció. La nomenclatura que hem adoptat hauria sigut defectuosa si no hagués expressat aquests diferents estats; nosaltres ho havem conseguit principalment per medi de canvis de terminació, que hem conservat sempre uniforme per a un mateix estat de les diferents sals.

En resum: hem arribat a un punt en el qual, solament pel mot, hom coneix tot seguit quina és la substància combustible que entra en la combinació de que es tracta; si aquesta substància combustible està combinada amb el principi acidificant i en quina proporció; en quin estat es

troba aquest àcid; a quina base està unit; si hi ha saturació exacta o bé si l'àcid o la base hi són en excés.

Hom comprèn que no ha sigut possible conseguir aquests diferents objectes, sense despreciar de vegades coses consagrades per l'ús; i sense adoptar denominacions que en el primer moment han semblat dures i bàrbares, però hem observat, que l'orella s'acostuma depressa als mots nous, sobretot si estan units a un sistema general i raonat. Ademés, hi ha noms que hom empleava abans de nosaltres, com *pols d'algaroth, sal alembroth, pomfòlix, aigua fagedènica, turbit mineral, còlcothar* i molts d'altres, que no són pas menys durs ni menys extraordinaris; cal molta costum i molta memòria per a recordar les substàncies que expressen, i sobretot per a reconèixer a quin gènere de combinacions pertanyen. Els noms de *oli de tartre per defalliment, oli de vidriol, mantega d'arsènic i d'antimoni, flors de zinc, etc.* són encara més impropis perquè fan naixer idees falses, perquè, parlant amb propietat, en el regne mineral, i sobretot en el regne metàlic, no hi ha mantegues, olis ni flors, i finalment, perquè les substàncies que hom designa sota aquests noms enganyosos, són verins violents.

Quan vàrem publicar el nostre Assaig de Nomenclatura química, fórem acusats d'haver canviat la llengua que els nostres mestres havien parlat, que havien il·lustrat i que ens havien transmès; però hom va oblidar que els mateixos Bergman i Macquer ja havien sol·licitat aquesta reforma. El savi professor d'Upsal, M. Bergman, escrivia a M. de Morveau en els darrers temps de sa vida: *No perdoneu cap denominació impròpia; els que ja saben, sempre entendran; els que encara no saben, entendran més aviat.*

Hom tindria, potser, més fonament per a criticar-me el no haver donat en l'obra que presento al públic cap notícia històrica de l'opinió dels que m'han precedit, i sols haver presentat la meua, sense discutir la dels altres. Resulta d'això, que no he rendit sempre als meus confrères, i en-

XVIII

TRACTAT ELEMENTAL DE QUÍMICA

cara menys als químics estrangers, la justícia que en ma intenció volia rendir-los, però prego al llegidor que consideri, que si hom acumulava les cites en una obra elemental, si hom s'hi llençava a llargues discussions sobre la història de la ciència i els treballs dels que l'han professada, hom perdria de vista el verdader objecte que hom s'ha proposat, i hom formaria una obra qual lectura fastiguejaria per complet als començants. No és la història de la ciència ni la de l'esperit humà lo que ha d'ocupar un tractat elemental; hom deu sols buscar-hi la facilitat, la claredat, i hom deu apartar-ne acuradament tot lo que podria tendir a desviar l'atenció. Es un camí que hom ha d'aplanar continuament, en el qual hom no ha de deixar-hi cap obstacle que pugui ocasionar el més petit retard. Les ciències presenten ja per elles mateixes prou dificultats, encara que no s'hi afegixin les que els són estranyes. Els químics s'adonaran fàcilment, endemés, que en la primera part quasi tant sols he fet ús d'experiències que em son pròpies. Si alguna vegada m'ha pogut succeir que hagi adoptat, sense citar-les, les experiències o les opinions de M. Berthollet, de M. de Fourcroy, de M. de Laplace, de M. Monge, i en general, dels que han adoptat els mateixos principis que jo, és que la costum de viure junts, de comunicar-nos nostres idees, nostres observacions, nostra manera de veure, ha establert entre nosaltres una espècie de comunitat d'opinions en la qual ens és sovint difícil a nosaltres mateixos distingir lo que particularment ens pertany.

Tot lo que acabo d'exposar sobre l'ordre que m'he esforçat en seguir en l'encadenament de les formes i de les idees, sols és aplicable a la primera part d'aquesta obra; és ella sola la que conté el conjunt de la doctrina que he adoptat; sols a ella és que he procurat donar la forma veritablement elemental.

La segona part està formada principalment per les taules de la nomenclatura de les sals neutres. Sols hi he afegit

explicacions molt someres, qual objecte és fer conèixer els procediments més senzills per a obtenir les diferents espècies d'àcids coneguts; aquesta segona part no conté res que em sigui propi; no és sinó un resum molt concís de resultats extrets de diferents obres.

Finalment, en la tercera part he donat una descripció detallada de totes les operacions relatives a la química moderna. Una obra d'aquest gènere semblava ésser desitjada ja feia temps, i crec que serà d'alguna utilitat. En general, la pràctica de les experiències, i sobretot de les experiències modernes, no està prou extesa; potser, si en les diferents Memòries que he donat a l'Acadèmia m'hagués extès més sobre el detall de les manipulacions, m'hauria fet entendre més fàcilment i la ciència hauria fet progressos més ràpids. L'ordre de les matèries, en aquesta tercera part, m'ha semblat si fa o no fa arbitrari, i m'he dedicat sols a incloure en cada un dels vint capítols que la componen, les operacions que tenen més analogia mútua. Hom veurà fàcilment que aquesta tercera part no ha pogut ésser extreta de cap obra, i que, en els principals articles, sols he pogut ajudar-me de ma pròpia experiència.

Acabaré aquest discurs preliminar, transcrivint literalment alguns passatges de M. l'abbé de Condillac, que em semblen pintar amb molta veritat l'estat on es trobava la química en temps molt propers al nostre. (1) Aquests passatges, que no varen ésser escrits expressos, adquiriran encara més força si l'aplicació ens en sembla justa.

«En lloc d'observar les coses que volem conèixer, hem volgut imaginar-les. De suposició falsa en suposició falsa, ens hem extraviat entre una multitud d'errors, i havent-se convertit aquests errors en prejudicis, els hem adoptat per aquesta raó com a principis; ens hem anat extraviant cada

(1) Part II, capítol I.

XX

TRACTAT ELEMENTAL DE QUÍMICA

vegada més. Aleshores, sols hem sabut raonar segons les males costums que havíem contret. L'art d'abusar dels mots sense entendre'ls bé ha sigut per a nosaltres l'art de raonar..... Quan les coses han arribat a aquest punt, quan els errors s'han acumulat aixís, sols hi ha un medi de tornar a posar ordre en la facultat de pensar: oblidar tot lo que havíem après, tornar a pendre les nostres idees en llur origen, seguir-ne la generació, i refer, com diu Bacon, l'enteniment humà.»

«Aquest mitjà és tant més difícil quant més instruït hom es creu. Per això mateix, les obres on les ciències serien tractades amb una gran claredat, una gran precisió, un gran ordre, no estarien a l'abast de tothom. Aquells que no han estudiat res les entendrien millor que els que han fet grans estudis, i sobretot, que els que han escrit molt sobre les ciències.»

M. l'abbé de Condillac afegeix a la fi del capítol V:

«Però, finalment, les ciències han fet progressos perquè els filòsofs han observat millor i han donat a llur llenguatge la precisió i l'exactitud que havien posat en llurs observacions; han corregit la llengua i hom ha raonat millor.»