



# François-Antoine-Henri Descroizilles (1781-1825), démonstrateur royal de chimie, apothecary, inventor and industrial chemist: the father of titrimetric analysis. Part I

**Title in Spanish:** *François-Antoine-Henri Descroizilles (1781-1825), demostrador real de química, boticario, inventor y químico industrial: padre del análisis volumétrico. Parte 1ª.*

Julia Martín<sup>1</sup>, Purificación-Sáez Plaza<sup>2</sup>, Agustín García Asuero<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química Analítica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Sevilla. <sup>2</sup>Departamento de Química Analítica, Facultad de Farmacia, Universidad de Sevilla, España.

**ABSTRACT:** In this contribution the life and work of François-Antoine-Henry Descroizilles is reviewed. He is recognized as a multifaceted person, and as a skilled and wise chemist by eminent scientists of his time. Descroizilles developed his professional career as a chemistry teacher, apothecary, and industrial chemist, contributing firstly to give a solution to the latent problem of cider in Normandy, and to the bleaching of tissues by the new method of Berthollet in the area of Rouen later. He proposes on this respect a (redox) titrimetric method of determining the concentration of chlorine, Gordian knot of the problem. Descroizilles can rightly on this way be considered as the father of titrimetric analysis, but his ingenuity goes much further, and his name can be associated to a variety of inventions. In the approach that is carried out here, emphasis is previously placed on the context of the new chloric bleaching, aspect that might not be always treated with enough depth in previous papers on Descroizilles. In the first part of this paper the boundary conditions of this topic will be located and studied, in a time, in which the intent of the study of the chemical arts rapidly acquires great importance. The development of the chlorine bleaching industry is influenced by the technical aspects of the processes involved, but also by the social and economic factors. Aspects of the life and work of Descroizilles, including topics such as the problem of cider, inventions, bleaching power and alum, as well as the contributions of Gay Lussac to titrimetry will be the subject of a future report (second part).

**RESUMEN:** En esta contribución se pasa revista a la vida y obra de François-Antoine-Henry Descroizilles, personaje polifacético, reconocido como un químico hábil y sabio por eminentes científicos de su época, que ejerce como profesor de química, boticario, y químico industrial. Descroizilles contribuye a dar una solución al problema de la sidra latente en Normandía primero y al blanqueo de los tejidos por el nuevo método de Berthollet en la zona de Rouen después. A este último respecto propone un método de determinar la concentración de cloro, nudo gordiano del problema. Descroizilles puede considerarse con todo justicia como padre del análisis volumétrico, pero su ingenio va mucho más allá y su nombre puede asociarse a una variedad de inventos. En la aproximación que se realiza se hace hincapié en el contexto del nuevo proceso de blanqueo por cloro, aspecto no contemplado siempre con suficientemente profundidad en trabajos previos sobre Descroizilles. En la primera parte de esta contribución vamos a situar y estudiar las condiciones de contorno de este tema, en una época en la que se despierta en las mentes el interés por las artes químicas. Sin embargo, en el desarrollo de la industria del blanqueo con cloro no solo ejercen influencia los aspectos técnicos de los procesos involucrados, sino también los factores sociales y económicos. Aspectos de la vida y obra de Descroizilles, incluyendo temas tales como la problemática de la sidra, inventos, polvos de gas, alumbre, y la contribución de Gay Lussac a la volumetría, serán objeto de un posterior estudio (segunda parte).

\*Corresponding Author: asuero@us.es

Received: April 9, 2018 Accepted: May 23, 2018

An Real Acad Farm Vol. 84, N° 2 (2018), pp. 185-203

Language of Manuscript: Spanish

## 1. INTRODUCCIÓN

El término volumetría es familiar y se describe como el proceso analítico en el que un analito se determina por su capacidad de participar en un proceso químico (1). En dicho proceso, se añade reactivo valorante a una disolución hasta que se juzga que una reacción es completa (2-5). Las bases de este método subyacen en las observaciones de Richter

sobre las disoluciones salinas, que abrieron el camino al descubrimiento de las leyes de las combinaciones químicas (6). La historia de la volumetría previa a 1806 ha sido magistralmente descrita por Rancke Madsen (7) en 1958. La necesidad de la industria de disponer de métodos rápidos para la determinación de ácidos, álcalis, carbonatos e hipocloritos se convirtió en el motor del desarrollo de la volumetría (8-12) en sus inicios. Numerosos farmacéuticos

han destacado en esta andadura por la naturaleza de sus contribuciones (13) al análisis volumétrico.

Antes de Dalton no existía la base de la teoría atómica sobre la que sustentar los principios del análisis volumétrico. Este hecho sin embargo no obró en contra de la idea imperante de que una cantidad particular de sustancia A podía reaccionar con una cantidad dada de sustancia B. Esto es, una especie de principio de equivalencia aceptado como un hecho de naturaleza y que no necesitaba justificarse sobre bases teóricas (14-16). Uno de los padres de la estequiometría, Carl Friedrich Wenzel (1740-1793), natural de Dresden y cuya formación transcurre primero en Hamburgo y después en Ámsterdam (17), donde estudia cirugía y farmacia, establece en su obra principal (18), impresa en letra gótica, y cuya tercera edición fue anotada por Hieronymus Grindel, un boticario de Riga (17):

“It is necessary that any possible combination of two bodies always be in the most exact relationship with every other one”.

En este trabajo se pasa revista a la vida y obra de Descroizilles, farmacéutico, considerado padre del análisis volumétrico, aunque su genio va más allá y destaca en una variedad de campos diversos. El hecho de que Gay Lussac apostara por estos métodos, supuso un fuerte espaldarazo al desarrollo de la naciente volumetría. La aproximación al tema se lleva a cabo desde el contexto del nuevo procedimiento de blanqueo por cloro, que el genio de Berthollet idea. En este último contexto, los factores sociales y económicos son también determinantes junto a los aspectos propiamente técnicos de los procesos involucrados.

## 2. DEL RETO DEL BLANQUEO DE TEJIDOS

Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) (Figuras 1 y 2), a instancias de Törbern Bergman (1753-1804), se dedica desde 1771 a 1774 al estudio del mineral sueco conocido con el nombre de “Brunsten” or “Mangenese”, también como magnesia negra o de vidrieros (19-20), actual pirolusita o dióxido de manganeso. El nombre de manganeso se ha trasferido finalmente al metal que contiene el mineral, tras su aislamiento. En el transcurso de estas investigaciones, realizada con unos medios modestos, empleado como encargado de 1770 a 1775, en Uppland (Suecia) en la botica de Christian Ludwig Lock (que facilita su trabajo), que más tarde pasó a denominarse “Pharmacy at the Lion”, descubre el cloro (gas ácido marino deflogisticado). Scheele hace reaccionar el ácido clorhídrico (ácido marino) con el dióxido de manganeso (magnesia negra), observando (21, p. 71), tras haber blanqueado el corcho de su frasco, la capacidad de destruir la materia colorante vegetal:

“ b)...all vegetable red, blue and yellow flowers grew likewise White in a short time; the same thing happened to green vegetables...(c) the former colour of the flowers, or the green vegetables, could not be recovered either by alkalies, or acids...”

Bajo el título “De Magnesia Nigra” publica el trabajo en las Memorias de la Real Academia de Estocolmo, contribución que posee (20, 22-23, xxii) un gran valor

añadido:

“Scheele, moreover, during his experiments on manganese discovered baryta, and differentiated between the green and purple compounds of manganese with potash, and was able to explain how manganese colour and decolorises glass”.

Scheele interpreta conforme a la teoría de Georg Ernst Stahl (1660-1730), al que sigue, que separa el flogisto, hidrógeno en tiempos modernos (24, pp 15-16), del ácido clorhídrico, con ayuda del dióxido de manganeso, de ahí el nombre de ácido marino deflogisticado.

El procedimiento de blanqueo de los hilos y tejidos vegetales se llevaba a cabo entonces exponiendo las piezas a la luz solar (25-26) sobre los prados en el fondo de los valles, un proceso que detraía tierra para el cultivo y dependía además de las inclemencias del tiempo, no pudiendo por tanto llevarse a cabo (27) durante los meses de invierno:

“L’art de blanchir le coton est exercé en Normandie par beaucoup de personnes, indépendamment des curandiers qui en sont leur état. Presque tous y réussissent dans les saisons favorables ; c’est à-dire, depuis le premier d’avril jusqu’à la fin de septembre. Mais dans le deux trimestres d’octobre à décembre, ou de janvier à la fin de mars, les fabricans qui n’ont point eu les moyens de s’en pourvoir, sont obligés de surpayer cette main-ouvre, & d’employer des cotons dont le ners est altéré para des lessives corrosives, & dont les fils mêlés rendent le dévidage très-difficile, & occasionnent beaucoup de déchet.”

Con tal motivo, la “Académie royale des Sciences, Belles Lettres et Arts” de Rouen, a propuesta de Louis-Alexandre Dambourney (1722-1795), saca a concurso en 1787 un premio de 200 libras:

“ou bien une médaille d’or de même valeur, à son choix, avec les éloges dus à ses efforts en faveur de cette portion du bien public”

destinado a solventar este problema. Las Memorias depositadas no respondieron al fin propuesto. El premio contemplaba los tres supuestos (27) que siguen, recibiendo difusión tanto en la prensa inglesa (28) como alemana (29) de la época:

1°. De blanchir le coton filé, dans le plus court intervalle de tems, entre le premier janvier & le 31 mars 1787, & au prix le moins onéreux.

2°. De lui conserver sa forcé, son élasticité, & de ménager la direction de ses fils, de sorte que le dévidage occasionne le moins de déchet.

3°. D’atteindre au plus beau blanc de neige.

Dambourney, intendente del Jardín Botánico de Rouen, advierte la presencia de colorantes en algunas plantas indígenas que estudia como sustitutos de productos exóticos. Fija un hermoso color rojo de una solidez extrema sobre terciopelo de algodón, por lo que el gobierno francés lo dota de una pensión de 1000 libras, amén de la publicación de su obra.



**Figura 1 (izquierda). Estatua de Carl Wilhelm Scheele en el Parque Humlegården de Estocolmo (Suecia).**

**Figura 2 (derecha). Monumento a Carl Wilhelm Scheele en Köping (Suecia). Estatua de bronce de Milles (18 de Junio de 1912).**

### 3. EL BLANQUEO POR CLORO DE BERTHOLLET

Claude Louis Berthollet (1748-1822) (Figura 3), tras la muerte de Macquer es designado Comisario químico, superintendente de las tintorerías estatales de los Gobelinos, en el Bureau du Commerce (30-33), órgano responsable de la política económica nacional, encargado de la implementación industrial. En palabras de Fourcroy (31), sin duda

“one of the best paid scientific post in the country”

Desde este puesto se supervisaba no solo los tintes y materias colorantes, sino también los productos químicos y materias manufacturadas. El propósito era principalmente económico, reducir las importaciones: el cristal se traía de Bohemia o Inglaterra, el acero de Alemania o Inglaterra, el amonio de Egipto, la sosa de Alicante, y el albayalde (carbonato básico de plomo) de Holanda.

Macquer estableció una relación estrecha con los artesanos y empresarios con el fin de mejorar los procesos, hecho que pone de manifiesto el entrecruzamiento de las culturas relacionadas con la química, que requiere no solo una comprensión práctica de saber hacer (know-how) y teórica, sino también un estrecho contacto (Leman, 2014) con el mundo industrial y comercial.

Da cuenta en un trabajo leído ante la Academia de Ciencias de París el 8 de abril de 1785, publicado en el “Journal de Physique”, de la capacidad del cloro (34-36) para blanquear los tejidos. Ese mismo año el escocés Thomas Bell idea el cilindro de impresión de artículos de algodón, patentado (37) dos años antes. Berthollet publica posteriormente una versión más completa (38) de su trabajo original, con adiciones (39). Este acontecimiento como

comenta Bailly (40) tuvo una especial trascendencia:

“Ce fut une véritable révolution, qui commença en 1784 pour ne finir qu’en 1830.”

Se inicia así una tradición práctica que continúa hoy día con el uso de los blanqueadores domésticos a base de cloro.

Berthollet sostiene (con Lavoisier) que la nueva sustancia se trata de una combinación del ácido marino, (ácido muriático en la Nueva Nomenclatura) con oxígeno (que es lo que supuestamente le suministra el carácter ácido), pasando a denominarse ácido muriático oxigenado. Las disoluciones de cloro expuestas a la luz se descomponen originando oxígeno gaseoso, lo que en el marco conceptual de la época podía interpretarse como la descomposición del cloro en ácido marino y oxígeno. Según la teoría de Lavoisier se interpretaba la separación del flogisto como la adición de aire vital (oxígeno) extraído de la magnesia, y el oxígeno, se pensaba, era un constituyente de los ácidos. Desde una perspectiva moderna, la descripción de cloro de Scheele podría considerarse (24) como más apropiada. La naturaleza elemental del cloro es demostrada más tarde por Davy (41-42), sometiéndolo al test del carbón, entre otros ensayos, y bautizándolo con el nombre de “chlorine”, debido a su color ya que cloro en griego significa amarillo verdoso, que Gay Lussac pasa al de cloro (23). Sir Humphry Davy (1778-1829) (Figura 4), sirvió en sus inicios como aprendiz de farmacia con M. Borlase, un boticario de Penzance en Cornwall, dirige sus estudios hacia la física y llega a ser Profesor de la “Royal Institution” en Londres. Las aportaciones del farmacéutico francés François-René Curaudau (1765-1813) a dicha naturaleza (25, 43) merecen tenerse en cuenta.

Lavoisier juzga el procedimiento suficientemente prometedor (44) para recomendarlo el 7 de Julio de 1786 al Comité Consultivo de Agricultura, creado por el gobierno en 1785, del que formaba parte (junto con Tillet, Desamrèts, Dailly, Lefèvre, Thouin, Dupont de Nemours y Broussonnet). El Comité solicitó al gobierno una recompensa, pero Berthollet no recibió reconocimiento por el hallazgo ni antes ni después de la Revolución. La Sociedad de Agricultura en cambio le otorgó una medalla de oro (45) por su descubrimiento en 1791, y en 1793 el Liceo de Artes le otorga (46) una corona tras un informe de Lavoisier leído en sesión pública el 5 de mayo, suscrito también por Fourcroy.

Los principios expuestos por Berthollet eran acertados, más la puesta en escena compleja, al afrontarse una serie de problemas de elevado riesgo tecnológico, dadas las complicaciones inherentes a la construcción de las calderas y recipientes necesarios. Como todas las aplicaciones industriales requirió años de paciente ensayo y error antes de extrapolar las experiencias de laboratorio a escala en planta industrial (39, p. 255). El carácter tóxico (47) del cloro

“suffocant, et qui dévore presque tout ce qu’il touche”

y las dificultades de manejo del gas suponían factores limitantes para su empleo. Lo que reconoce Berthollet en carta dirigida a Jean François de Tolozan (1722-1802), al que Jacques Necker (1732)-1804), Director General de Finanzas y Ministro de Estado de Louis XVI otorga la supervisión de la Cámara de Comercio. Este órgano (48), al que se ha aludido anteriormente, se encargaba de otorgar subsidios para favorecer manufacturas, tras la decisión colegiada de los cuatro intendentes y del controlador general.

Se advierten (49), consecuencia del trabajo con cloro, síntomas evidentes como ataque a ojos y pulmones, dolor de cabeza y zona lumbar y hemorragia nasal, ideándose máscaras rudimentarias para mitigar su efecto nocivo. Las operaciones se transfieren a cobertizos dotados con corriente de aire, masticando algunos operarios (31) regaliz como paliativo. Había que dilucidar como conseguir el mejor contacto entre el gas y los materiales a blanquear, y como eliminar el olor del gas cloro de los artículos. El efecto corrosivo del cloro sobre las partes metálicas de la maquinaria de blanqueo suponía también una dificultad adicional. El coste del ácido muriático era tan elevado que ninguna factoría podía soportarlo por lo que Berthollet lo obtiene a partir de la sal común por tratamiento con vitriolo y la magnesia negra. Berthollet renuncia a la explotación industrial de su procedimiento (50), contentándose con darlo a conocer sin anhelar privilegio o recompensa alguna, al considerar su posición personal como Director de Tinturas, incompatible con dicho supuesto:

« Quant à la méthode du blanchiment, il fallut pas mal de tâtonnements pour y arriver. Elle es due moins à Berthollet lui-même, qu’an un certain nombre de praticiens qui, dès la publication de son invention, s’attachèrent à l’utiliser industriellement : Bonjour, Welter, Descroizilles, Widmer. »

La nueva sustancia permitía, dado su inmenso poder de blanqueo, privar a los tejidos de colores previamente impresos (51), incrementando así el número de combinaciones y repercusiones estéticas, y el valor añadido que dicha posibilidad tenía de cara a marcar tendencias en la moda en uso.



Claude Louis Berthollet,  
né à Talloire, en 1748, mort à Arcueil, en 1822.



Figura 3 (izquierda). Claude Louis Berthollet (1748-1822). GALLICA: Bibliothèque nationale de France; BIU Sante, Banque d’images et de portraits. Autor de la imagen: Langlumé. Técnica: Litografía;

<http://www.biusante.parisdescartes.fr/histoire/images/index.php?refphot=anmpx10x0235>

Figura 4 (derecha). Humphry Davy (1778-1829). Autor del grabado James Thomson, según un retrato de Henry Howard (National Portrait Gallery, London).

#### 4. DIFICULTADES PLANTEADAS POR EL NUEVO METODO

Aparte de los inconvenientes citados, uno de los primeros obstáculos al desarrollo del nuevo sistema, al igual que la fabricación de sosa sintética (52-53) provenía de la gabela (impuesto sobre la sal), ya que la base de la fabricación (54, p. 82) del cloro era la sal:

“Unhappily for France, she laboured at that time under a system of financial disorder accompanied by heavy taxation, of which that of the gabelle, or tax on salt, was one of the most unequal and of the most severe. And as all the chlorine was extracted from this article, she was unable at once to avail herself of the full benefits which immediately acceded Britain for this discovery”.

Las reticencias de los propios empresarios en contraposición a la postura adoptada por sus colegas ingleses se traducían en oposición (40, p. 8) a los nuevos avances:

“Les blanchisseurs français ne voulurent rien voir ni rien entendre...” “...nos industriels affectèrent plus que de l’indifférence: du dédain, et repoussèrent, de parti pris, les avances de Berthollet”.

Bien por ignorancia o prejuicio (54, p.83):

“Besides, the arts had then made comparatively small progress with her; and ignorance, ever hostile to improvement as innovation, hindered for some time the general diffusion of the new process. Its inherent superiority was, however, too manifest to be slighted by prejudice, and too great to be destroyed by the not formidable obstacle of taxation.”

O por desconocimiento del procedimiento que requería estar versado en química (55):

“Que ces blanchisseurs acquièrent quelques notions de chimie, et bientôt ces inconvénients seront remplacés par tous les avantages attachés au procédé berthollien”

lo que subraya también Guyton de Morveau (56, p. 590)

“La description de son procédé & le détails qu’il a donnés sur ce nouvel art dans les annales de chimie, seront voit quels succès on peut attendre des découvertes chimiques pour le perfectionnement des arts & combien il est important que les personnes qui sont à la tête des manufactures ou qui veulent en élever de nouvelles, prennent des connaissances étendues de chimie...”

y O’Reilly (57):

“Mais les difficultés que présentait l’emploi de l’acide muriatique oxygéné ont effrayé un grand nombre de

manufacturiers, il fallait des connaissances chimiques, et les ouvriers ne sont pas des chimistes”

aunque también contribuyó a la suspicacia artículos en mal estado introducidos desde Inglaterra (55) en el mercado:

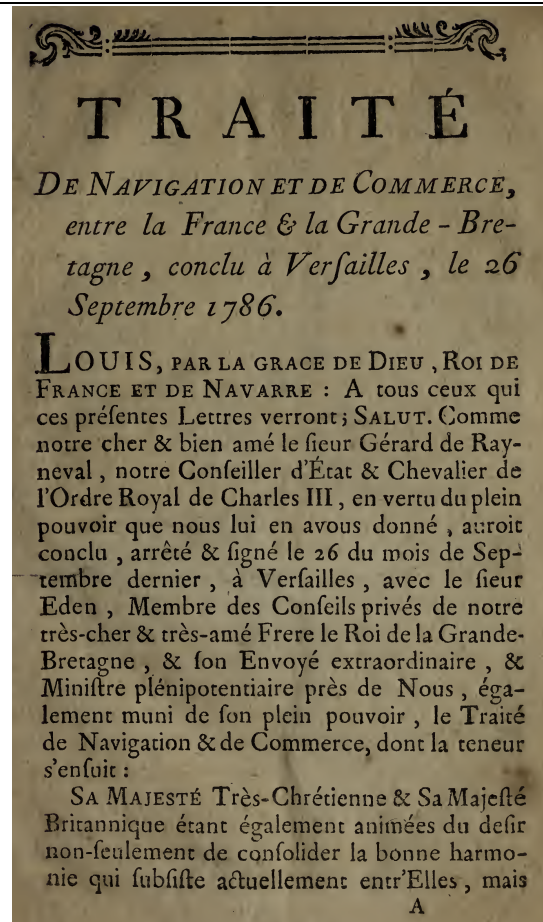
“Il est vrai qu’il a été répandu beaucoup de toiles mal blanchies dans le commerce; l’Angleterre en a surtout fait passer sur le continent de grandes quantités, qui étoient dans ce cas.”

y el boicot, al que fue sometido por ejemplo Bonjour, discípulo de Berthollet, tras brillantes ensayos llevados a cabo en Valenciennes, temerosos los lugareños de verses privado de su negocio (58, p. 529), teniendo grandes dificultades para encontrar un terreno donde instalarse, lo que consigue en Aunay, a una legua de distancia, gracias al conde de Bellaing, interesado en su iniciativa. Estos movimientos pueden sólo entenderse en el marco del complejo terreno de la política, ya que Bonjour no consigue por parte de Tolozan una concesión (privilegio), ni siquiera tras la insistencia del propio Berthollet.

En 1786 la diplomacia desarma a la industria francesa frente a la competencia británica (59) al firmarse un tratado de libre comercio conocido con el nombre del negociador inglés, Edén. El 3 de septiembre de 1783, se pone fin a la guerra de la independencia norteamericana, firmándose el tratado de Versalles entre Gran Bretaña, Estados Unidos, Francia y España (Figuras 5 y 6). De forma temporal, se renuevan entre Francia y Gran Bretaña las disposiciones comerciales prevenidas en el tratado de Utrecht (1715), debiendo suscribirse antes del 1 de Enero de 1786, conforme al artículo decimotercero del tratado de Versalles, un acuerdo de reajuste (60) sobre una base recíproca. Tras alguna dilación dada la falta de interés por parte inglesa y amagos de prohibiciones por parte francesa, se procede a la firma el 26 de septiembre.

El tratado reducía las barreras comerciales entre la industria textil británica y la importación de vinos franceses, fue objeto de una fuerte controversia (61) en Francia:

“En Angleterre, depuis plus d’un siècle, le système commercial est fixé; il est national, les ministres m’y peuvent rien changer... En France, point de plan arrêté; l’édifice élevé par un ministre est souvent renversé par son successeur...Point d’encouragement à l’exportation des fabriques nationales. Peu d’obstacles à l’importation des fabriques étrangères.”



**Figura 5 (izquierda) Placa conmemorativa del reconocimiento de la Independencia de los Estados Unidos de América. Figura 6 (derecha). Tratado de navegación y de libre comercio de 1786 entre Francia y Gran Bretaña;** <https://archive.org/details/traidnavigatio00fran>

El tratado de Eden se considera a menudo como una de las causas que precipitó la Revolución Francesa, al sentirse el pueblo perjudicado (invasión de la mercadería inglesa *versus* artesanos sin oficio). La duración del mismo fue breve 1787-1793, dado el nuevo escenario surgido tras la Revolución, la ley de Extranjería promulgada por el Parlamento Británico el 8 de Enero de 1793, y el estallido de la guerra (Primera Coalición a la que se une Gran Bretaña).

En 1806 miembros de la Sociedad Libre de Rouen para el fomento del comercio y de la industria envían (62) a la Academia de Ciencias, Buenas Letras y Artes de Rouen cincuenta ejemplares de un informe realizado por la Sociedad acerca de la posibilidad de sustituir en Francia el algodón hilado y tejidos procedentes del extranjero, y sobre la necesidad de su prohibición. Las tasas aduaneras aplicadas a la postre a los tejidos procedentes del extranjero contribuyeron a proteger el mercado nacional. Otras dificultades con las que tuvo que luchar la implantación del método las consideraremos en la segunda parte de esta contribución.

## 5. EL AGUA DE JAVEL

El método de Berthollet consistente en principio en el empleo de una disolución del gas cloro en agua era poco práctico, dado el olor insoportable de esta disolución y sus

emanaciones, incómodas para los obreros empleados en los talleres y que a menudo originaban problemas de salud (llegando hasta escupir sangre), siendo forzados a trabajar con máscaras. Basta añadir potasa que entonces se llamaba álcali fijo para volver la disolución incolora, sin reducir su poder de blanqueo.

Bajo los auspicios del Conde de Artois (63), hermano de Louis XVI, y futuro Carlos X (rey de 1824 a 1830), se crea en 1777 una manufactura de productos químicos y sales minerales en la aldea de Javel a lo largo del margen izquierdo del Sena, al sur de la zona de Grenelle, sobre el emplazamiento de su famoso molino (desaparecido en 1771), antaño un famoso (64) cabaret (como otros molinos de la época).

“Vers ce temps le moulin de Javel était devenu une guinguette, réputée pour la licence qu'on y tolérait...”

que da origen a una comedia (65) en un acto estrenada en el Teatro Francia el 7 de junio de 1696. La factoría se construye sobre una parcela perteneciente a una comunidad religiosa de la parroquia de Van Ves, al negarse la Escuela Militar Real a ceder unos terrenos, por el recelo bien o mal fundado (66) que despertaban los vapores sulfurosos. Los químicos Léonard Alban y Mathieu Vallet, poseedores de un amplio conocimiento y experiencia acreditada en el tramo,

ejercen las labores de dirección. Se cuenta con la ayuda financiera de (67, p. 225) Antoine Bourboulon de Bonneuil (tesorero de la Casa del Conde de Artois), Jean Baptiste Buffault (tesorero de la ciudad de Paris) y Denis-Pierre Jean Papillon de La Ferté (Director de la Platería y Asuntos del Rey, tesorero de la Casa del conde de Provenza)

“capitalistes qui s’intéressaient aux progrès de l’art et à l’accroissement du royaume”.

Esta factoría, situada a unos kilómetros de París, se beneficia de su relativo aislamiento, y viene a sustituir a otra creada por Alban y Vallet, en Agosto de 1777, en Epinay-sur-Seine, que dada la contaminación ambiental y vapores nocivos generados motivan su cierre tras las protestas de la vecindad, recibiendo a cambio [66] una generosa indemnización.

Esta industria floreciente, única (68) en su género:

“Cette manufacture est dirigée par deux personnes très instruites dans cette partie. Rien n'est mieux entendu que les fourneaux pour l'oeconomie du chauffage et rien n'est plus curieux que la chambre de rectification pour l'huile de vitriol. C'est un chef d'oeuvre de manufacture. Les entrepreneurs font un secret de leur manipulation et de la préparation de leurs terres, quoiqu'il soit bien connu.”

se dedica primero a la fabricación de aceite de vitriolo (ácido sulfúrico), vitriolos (sulfatos), e.g. sal de Glauber, agua fuerte, espíritu de la sal (mezcla destilada de ácido sulfúrico y de sal marina), alumbre, y blanco de albayalde (céruse), y cloro (a partir de 1780) llega a emplear en 1875 doscientos obreros), integrando las manufacturas de ácido, álcali y de blanqueo, y convirtiéndose gracias a esta asociación, y a la protección de los poderes públicos, en la primera manufactura química de Francia. El balance comercial con respecto a los ácidos fuertes se torna (69) en esta nación favorable:

“L’année 1781 est la première qui nous soit favorable, c’est aussi l’époque du mouvement qui fut imprimé au esprits ver l’étude des arts chimiques”.

Es con el ácido sulfúrico suministrado por Javel que Charles y Robert producen el hidrógeno (por reacción con hierro) necesario para sus vuelos, en 1783. En Octubre de 1784, Alban y Vallet, interesados también por los aerostatos, promueven una suscripción para la construcción de un gran globo de hidrógeno de 38 pies de diámetro, probablemente con el apoyo financiero del Conde de Artois, lo que explica haber sido bautizado con su nombre y decorado con su escudo de armas (70), que en el transcurso de 1785 efectúa múltiples ascensos.

Por dos veces acude Berthollet en 1786 a Javel para explicar su procedimiento de blanqueo de telas. En 1787, la manufactura se vuelca en un procedimiento de blanqueo de cloro a base de hipoclorito de potasa, popularizada con el nombre de agua de Javel, para atenuar el efecto sobre el público del término cloro. En Francia estos hipocloritos se volvieron populares quitamanchas a escala doméstica, mientras que en Inglaterra la mayoría de los hogares usaban ácido oxálico, a menudo con consecuencias funestas (31). Con un aparato de Woolf (balón de vidrio donde se obtiene

el gas cloro, matraz lavador y cuba para lavar y disolver el gas) (31, 71) cerca de Paris se produce, en 1788, el agua de cloro fuertemente alcalina, añadiendo al agua la potasa antes que el cloro y no después como hacía Berthollet, constituyendo la prioridad de obtención del producto motivo de litigio, aunque (50, p. 276)

“they were right from a practical bleaching point of view”.

El elevado coste de la potasa plantea otras alternativas

“si le coût de la potasse rendait le produit beaucoup plus onéreux il slavera plus tard qu’on pouvait la remplacer tout aussi bien par de la craie en suspension”.

solución ya apuntada por Descroizilles, como reconoce (72) el propio Berthollet

“Pour diminuer l'odeur importune de l'acide muriatique oxigéné, Decroizille y fit un mélange de carbonate de chaux ou de craie.”

y que no perjudica las propiedades de blanqueo, aspecto sobre el que insistiremos mas adelante al tratar sobre la conexión inglesa, en la segunda parte de este trabajo. Thomas Henry, de Manchester, fue también uno de los primeros (16) en sugerir la acción de la cal.

En 1820 Antoine-German Labarraque (1777-1850), farmacéutico, sustituye (73) en el agua de Javel la potasa por la sosa, más barata, y estudia sus usos médicos y farmacéuticos, y en 1969 la NASA la utiliza para desinfectar el Apolo XI a su regreso de la luna (74), con objeto de evitar la contaminación de la tierra por posibles virus. Por otra parte, las reacciones de formación y descomposición del HOCl en la estratosfera han sido objeto (75) de investigación científica desde 1980s.

El agua de Javel pasa con mucha facilidad a Inglaterra, donde uno de los propietarios de la compañía, Bourboulon, acompañado por Mathieu Vallet, se había refugiado en marzo de 1787 tras presentir la bancarrota. Ambos establecen cerca de Liverpool una manufactura para producir su “lessive”. Vallet, definitivamente instalado al otro lado de La Mancha, contribuye con un papel importante al desarrollo (76) en Lancashire de la nueva industria del blanqueo. Bourboulon retorna a Paris en 1795 (Año IV) y los hermanos Buffaultse hacen con todos los derechos de la empresa en 1800 (Año IX), quedando en posesión de su familia (77) hasta su venta en 1846. La factoría de Javel desaparece entre 1885 y 1889, dando paso paulatinamente a las acerías, a depósitos y almacenes generales de Paris, y desde 1915 a Citroen, destinada primero a la fabricación de obuses de guerra y después a la fabricación de automóviles. En este barrio de Javel, integrado en la ciudad de Paris en 1860, y actual distrito 15, situado frente al de Boulogne, completamente remodelado en los últimos decenios, la placa del Moulin-de-Javel recuerda desde 1993, esta aventura (78). En el 2003 una pequeña plaza situada en el barrio recibe el nombre de Plaza del Molino de Javel. Estación de metro Javel-Citroen.

Por disolución de cloro en disolución de potasa había obtenido Berthollet a comienzos de 1787, una nueva sal, el clorato de potasio (muriato suroxigenado), carente de poder

blanqueante y de carácter explosivo, ensayada en el Arsenal junto a Lavoisier, como base de una nueva pólvora explosiva, que culmina con un trágico accidente (dos muertes) en la fábrica de pólvora de Essonnes. Basta introducir un suficiente exceso de potasa en la disolución de cloro, como demuestra más tarde Balard, para hacer

desaparecer el clorato y obtener el hipoclorito, de forma eficaz y sin peligro. Las investigación de Berthollet sobre el ácido muriático convergió con otra ruta (54) bastante diferente de desarrollo de armas.



**Figura 7. La orilla del Sena en Javel. Fuente : GALLICA, Bibliothèque nationale de France; <http://gallica.bnf.fr>**

## 6. WATT EN PARIS

El uso del cloro como agente de blanqueo despertó un enorme interés en toda Europa, pero especialmente en las zonas carentes de sol en Gran Bretaña, donde la industria del algodón estaba llevando a cabo sus experimentos en mecanización durante esos años. James Watt (1736-1819) y Matthew Boulton (1728-1809) (Figura 8), miembros de la Lunar Society (79) llegan a París dos meses después de la firma del gran Tratado de Comercio firmado en 29 de septiembre de 1786. No hay duda de que este viaje debe haber estado en la mente de Sir Humphry Davy, cuando siguió sus pasos doce años más tarde, acompañado de Faraday como asistente, con un salvoconducto pues entonces era territorio enemigo, tras el estallido de la guerra.

La invitación corre a cargo del gobierno francés actuando Aimé Argand (1750-1803), compañero de Boulton y amigo de Watt como enlace por encargo de Charles Aleixandre de Calonne (1734-1802) Controlador General de Finanzas, y aprovechan la ocasión para visitar a sus hijos, en Francia por motivos de estudios. Argand, físico suizo, idea una lámpara en la que el farmacéutico parisino Antoine Arnoult Quinquet (1745-1803) introduce mejoras (76, 80), de ahí que se conozca con el nombre de este último (quinqué, en español). Las circunstancias políticas impidieron la materialización de negocios (exclusivos) concretos, uno de los propósitos del viaje de Watt y Boulton, junto con la supervisión de algunos ingenios. Calonne cae en 1787 tras el rechazo de la Asamblea de Notables a las medidas que propugna, dada la comprometida situación económica del país.

La recepción brindada a Watt y Boulton es excelente, especialmente por parte de los hombres de ciencia (Lavoisier, La Place, Monge, Berthollet, De Prony,

Hassenfratz, Fourcroy, Delessert, y otros) que reconocen a Watt como uno de los suyos (76, 81-82)

“drunk from morning till night with Burgundy and undeserved praise”

estableciéndose lazos permanentes como acredita la correspondencia a lo largo de los años, al respecto. Watt es nombrado (83) uno de los ocho miembros asociado extranjero 1ª Clase (Ciencias Físicas y Matemáticas) de la Academia de Ciencias de Francia el 10 de octubre de 1814. Francisco Arago (1786-1853) pronuncia tras fallecer Watt su discurso de elogio (84), quizás el mejor que se hayan realizado, a pesar de provenir (85) de Francia y no de Gran Bretaña.

Durante su estancia en París Watt asiste con gran interés a los ensayos de laboratorio que Berthollet llevaba a cabo (38, p. 160; 72, p. 12) sobre un nuevo procedimiento de blanqueo de telas.

“Voilà à peu près le terme où en étaient mes expériences, l’orsque je fils des essais en présence du célèbre M. Watt. Un coup-d’oeil suffit à un physicien dont le génie s’est exercé si long-tems sur les arts”

Watt pasa por ser ingeniero mecánico, pero su talento químico es obvio (86) como reconoce Davy (87-89) en 1824 en el transcurso de un acto inaugural de un monumento en su memoria, presidido por el Primer Ministro Lord Liverpool, en presencia de los más distinguidos personajes del Reino:

“Those who consider James Watt only as a great practical mechanic form a very erroneous idea of his character: he was equally distinguished as a natural philosopher and a chemist, and his inventions demonstrate his profound knowledge of those sciences, and that peculiar characteristics of genius, the union of them for practical



applications...”

Watt intenta patentar el procedimiento en Inglaterra con la anuencia de Berthollet quien declinó el ofrecimiento, al no desear éste verse envuelto en las aplicaciones industriales de sus descubrimientos (90) y hacerlos público libremente. Apenas un año después de su llegada a Inglaterra introduce en la práctica a su suegro Macgregor, dedicado al blanqueo de campo, supervisando las experiencias y se dirige (38, p. 212; 72, p.12) a Berthollet:

“qu’il était arrivé a faire blanchir 500 pièces chez Mac Grégor, industriel à Glasgow, et que dès maintenant on pouvait considérer sa méthode comme la meilleure, la plus expéditive et la plus économique”.

De la correspondencia entre Berthollet y Watt vamos a entresacar unos ejemplos que versan (91, p. 251) sobre los asuntos del blanqueo

“Watt a Berthollet (25 febrero 1787). MONSIEUR, - L’accumulation des affaires, suite nécessaire de notre longue absence de chez nous, m’a empêché jusqu’à présent de me prêter à votre affaire de blanchiment, mais je n’ai pas oublié cette importante affaire, ni son plus nos promesses de vous aider tant qu’il nous serait possible.”

sobre la inquietud que manifiesta Berthollet en torno a los acontecimientos (92, p. 228) desencadenados con motivo de la Revolución

“Berthollet a Watt (Paris, 9 Août, 1789). MONSIEUR, - Pendant que vous vous occupez tranquillement des sciences et des arts, qui vous ont de si grandes obligations, nous avons été obligés de les perdre de vue. La férocité des grands, l’insurrection des citoyens, la fureur du peuple, le fléau de la famine, ont absorbé toute notre attention : cependant il faut revenir aux occupations paisibles, et l’on peut commencer à jouir des douceurs de l’étude. Je reprends mes expériences.”

y sobre la amistad duradera (92, p. 317) de ambos colegas a lo largo de los años

“Watt a Berthollet (Heathfield, near Birmingham, Dec. 26 th, 1810). MY DEAR SIR, - There is nothing more grateful to an old man like me, than to find himself remembered by his old friends, and to be esteemed worthy of notice by such a person as you are.”



**Figura 8. Matthew Boulton (1728-1809), James Watt (1736-1819), Richard Arkwright (1732-1792) y Josiah Wedgwood (1730-1795), pioneros de la Revolución Industrial (Royal Mail Postage, Great Britain).**

**7. EL CIRCULO INDUSTRIALL DE ROUEN Y LA CASA DE FONTENAY**

Tras el éxito anunciado por Watt, uno de los discípulos de Berthollet, “Bodeau de Grancourt”, viaja a Rouen, provisto de cartas de recomendación para “de Crosne”, intendente de guerra, y para los notables de la cámara del comercio del lugar, con la finalidad de involucrar a los empresarios industriales de la región (36, p. 213) en la adopción del procedimiento de su maestro.

Rouen era entonces (93) un verdadero centro científico. John Holker (1719-1786), escocés, jacobino, huido de Inglaterra, acababa de crear en el barrio Saint-Sever, cerca de

Rouen, en 1767, bajo el nombre de Châtel et Cie, la primera factoría de ácido sulfúrico del continente, que recibe el apoyo del Gobierno al liberar a Francia del (93) monopolio inglés, aunque no adapta el método de las cámaras de plomo de Roebuck y Garbet, bien establecido en Gran Bretaña, hasta unos años más tarde.

Holker, realiza una labor loable como responsable de la transferencia de la industria algodonera de Manchester a Rouen, incluyendo el espionaje industrial (94). Fija su residencia y la de su familia en Ruen. Funda la primera hilatura mecánica creada en el barrio de Saint-Server en 1751, gracias a los subsidios del duque de Choiseul, siendo

dotada por orden de 19 de septiembre de 1952 de un privilegio para la fabricación de terciopelo y sábanas de algodón con el anuncio de manufactura real. Su hijo Jean Louis Holker (1770-1844) descubrió el método de combustión continua en la manufactura del vitriolo, que llevó a cabo, en primer lugar en Rouen, y después cerca de Paris. Holker es nombrado Inspector General de Manufacturas extranjeras. El gobierno británico preocupado por su éxito le ofreció en 1764 el perdón y una pensión vitalicia de 600 libras para facilitar su regreso, oferta que Holker rechaza, obteniendo la nacionalidad francesa en 1766.

El resultado de la demostración antes comentada llevada a cabo por Grancourt, que tuvo lugar en la “12 Quai de Paris” de Rouen, no pudo ser peor, ya que unos hilos se blanqueaban tan solo de forma externa mientras que otros se quemaban invalidándose para su uso. François-Antoine-Henri Descroizilles (1751-1825), farmacéutico en Dieppe, uno de los primeros discípulos (95-97) del maestro boticario Hilario Martín Rouelle (hermano de Rouelle “el viejo” “Démonstrateur” del Rey en el Jardín de Plantas), y comisario de la demostración anteriormente descrita, se interesa por el problema.



**Figura 9 (izquierda). Pierre-Nicolas de Fontenay (1743-1806):**

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Pierre\\_Nicolas\\_de\\_Fontenay.JPG](https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Pierre_Nicolas_de_Fontenay.JPG)

**Figura 10 (derecha) Busto de Pierre-Nicolas de Fontenay:**

<http://www.treboscvanlelyveld.com/portfolio-archive/deseine/>

Gracias al sostén financiero del comerciante Alexandre de Fontenay (1784-1844), entonces Alcalde de Rouen y también comisario del evento, emprende a partir de 1789 ensayos industriales en Lescure (cerca de Rouen), en el emplazamiento donde son construidos más tarde (98) los establecimientos de indianas Keitinger conocidos en toda Francia.

La vida de la Casa Defontenay (99-111) constituye un ejemplo interesante de las condiciones de contorno en las que se desarrolla la época objeto de esta contribución.

Guilbert (99, 109) lo retrata en una triple vertiente como hombre de negocios -del comercio marítimo- y

Pierre Nicolas Defontenay (1743-1806) (Figuras 9 y 10), primogénito de una familia de comerciantes se dedica, tras estudiar en los jesuitas, al mundo de los negocios, al igual que lo hace su hermano Alexandre (1748-1833), mucho más longevo, mientras que el tercero se decanta por la carrera militar

“M. Defontenay a été du petit nombre d’hommes que son parvenus aux dignités sans intrigue, sans prôneurs et par la seule recommandation de leurs belles qualités”.

fabricante (diligente, prudente y honrado), funcionario publico (comprometido, sagaz y desinteresado) y ciudadano ejemplar (ejemplo de sumisión, coraje y

virtudes sociales). Administrador de hospitales y presidente de la cámara de comercio de Rouen, antes de estallar la revolución. Elegido (100) diputado de las cortes generales en 1789, contribuyendo a la redacción de leyes y reglamentos en el comité de comercio de la asamblea constituyente. Se opone a la emisión de papel moneda lo que le acarrea no pocos inconvenientes. Ante la sugerencia de Alexandre de que evada capitales en previsión de salvaguardar el patrimonio de la familia, y de que se marche con sus hijos al extranjero comenta (99, p. 8; 109, p. 292):

“La spéculation que vous me proposez, peut être avantageuse; mais elle ne peut me convenir. Jamais je ne souscrirai a une opération que serait contraire aux intérêts de mon pays”.

Alcalde de Rouen en 1792, sufre la insurrección (Figura 11), (encerrona) del 29 de agosto, que resuelve presentándose ante los insurgentes escoltado tan solo por el procurador de la comunidad. Rouen sentía entonces durante las 24 horas del día las sacudidas eléctricas de las conmociones acaecidas en París.



**Figura 11. Escena en la vida pública (111) de Pierre-Nicolas de Fontenay, alcalde de Rouen en 1792. Museo de Bellas Artes de Rouen, inv. 1874.5. Pintor: L.L. Boilly.**

Presidente del Departamento del Sena Inferior al año siguiente, que mejor muestra de reconocimiento público (100, p. 35)

“Heureux le mortel que ses concitoyens peuvent prendre pour modèle, et que leur estime, leur vénération accompagnent jusque dans la tombe;”.

Encarcelado durante el Terror en 1793, al ser acusado de moderantismo; toda Rouen se manifiesta a favor de su causa. Alexandre se ofrece a canjearse en su lugar y se sirve del comité de seguridad general para obtener la libertad de su hermano. En el año 1799 retoma su carrera administrativa siendo nombrado alcalde de Rouen, a propuesta del gobierno consular, siendo el primer alcalde de una gran ciudad que tuvo el honor de rendir honores al primer Cónsul (más tarde augusto Emperador) como jefe de estado, que aprecia sobre el terreno su mérito (108, p. 90)

“Il reçut aussi, le premier, une écharpe d’honneur, et une boîte ornée du chiffre du Peuple Français”.

« Je vous envoie une écharpe d’honneur ; je désire que vous la portiez. Que les Rouennais y voient une preuve de

la satisfaction que j’ai éprouvée, et du cas que je fais de votre personne »

Se declara partisano durante el golpe de estado del “Brumario”, lo que le otorga nuevas dignidades (105). Miembro del Consejo general de manufacturas y comercio (año XI), recibe primero la Legión de honor (año XII) y ese mismo año se convierte en comandante de la orden, y un decreto del primer Cónsul lo eleva al Senado conservador de forma vitalicia.

El comercio al que se dedica consiste en hacerse en el extranjero con las materias primas, enviando de vuelta los productos elaborados, tarea en la que se empeña hasta 1783. Observa como la industria inglesa perfecciona sin cesar sus productos, disminuyendo los costes de la mano de obra, y se empeña en sacar a la industria francesa de la dinámica de rutina. Contribuye a sacar a flote una rama que proporciona nuevos medios de subsistencia, liberando al país del tributo que acostumbra a pagar a la nación rival. Accionista del establecimiento de la hilatura de Louviers, presta además fuertes sumas con objeto de que la empresa llegue a buen término, dotando a Francia de una nueva fuente de prosperidad general.

“La première-machine à filer le coton, établie à Louviers, a dû son existence à la maison de Fontenay (108)”.

Alexandre se encuentra muy ligado a Pierre Nicolás. De diferentes caracteres, el reparto de roles se efectúa entre ellos de forma natural. El hermano mayor, esposo ejemplar, padre de familia, se aposenta en Rouen. Alexandre más vivo, más emprendedor, recorre (102) Francia, España e Italia para recabar clientes y aumentar la cartera de negocios

“Les laines destinées à l’approvisionnement de nos fabriques de draps, et les toiles envoyées à Cadix pour la consommation de l’Amérique espagnole, composaient les deux branches principales du commerce de la maison De Fontenay. Avant de partir pour l’Espagne, Alexandre avait étudié à fond la fabrication des draps en France, et aucun détail ne lui en était étranger. Il savait donc quelle espèce de laine était en particulier nécessaire à chaque manufacture ; facilement ensuite il allait choisir en Espagne les qualités qui étaient le mieux assorties à ces besoins...”

“Les mêmes moyens ne lui auraient pas réussi de l’autre côté des Pyrénées ; mais là, il s’était fait connaître et apprécier par le comte de Florida-Bianca, qui rêvait pour l’Espagne les améliorations qu’on n’a pas cessé de rêver depuis. Il s’était lié avec les Cabarus, les Isquiedos, les Moralès ; il fournit le tribut de ses lumières à l’utile entreprise du canal de Murcie, et y prit des actions...”

“Le premier emploi qu’il fit de son crédit en Espagne, fut de reconquérir pour sa maison le commerce des toiles destinées à l’approvisionnement de l’Amérique méridionale. Ces toiles, connues sous le nom générique de blancars, s’expédiaient de Rouen à Cadix ; et il faut le dire pour marquer d’un seul trait le commerce de cette époque, les maisons capitales de Rouen, les Le Couteulx, les Lefebure, les Ribard, les Fontenay, les Grandin, etc., expédiaient ces toiles en ballots, sous leur marque. Nul doute ne s’était élevé jamais sur la qualité ni sur la quantité des toiles que contenaient les ballots ; aussi ne songeait-on nulle part à les vérifier, et Mexico recevait avec une confiance aveugle, parce qu’elle n’avait pas encore été trahie, les marchandises que Rouen lui envoyait sous cordes...”

“Alexandre de Fontenay rappela la confiance des Espagnols par sa parole, à laquelle il ne donnait à personne le droit de ne pas croire. Il obtint des commandes considérables, et exécuta les ordres qu’on lui avait donnés avec une si scrupuleuse loyauté, que sa maison reprit à Cadix, et garda jusqu’à la révolution, l’ancien privilège que les marchandises qu’elle expédiait parvenaient aux colonies espagnoles dans l’état où elles étaient parties de Rouen”.

La muerte de Holker en 1787 entraña (99, 111) la ruina de la manufactura de terciopelo de algodón establecida en Saint-Paul, encontrándose su hijo Jean Louis ausente en América. Los accionistas desanimados por las pérdidas que motiva el Tratado de Libre Comercio firmado con Inglaterra el año anterior, están resueltos al cierre. A pesar

de la amenaza de ruina, la Casa Defontenay se hace con las acciones, y se convierte en propietaria. Los beneficios no responden a las expectativas transcurriendo durante los dos primeros años cuantiosas pérdidas, aunque a cambio se conserva una rama de la industria esencial, evitando que los obreros tengan que buscar refugio en talleres de caridad, al asegurar la subsistencia de las familias afectadas.

La familia DeFontenay saluda con la Revolución el alba de un orden nuevo no dudando en apostar por los cambios, tratando de abrir las vías que la revolución en sus inicios (102) viene a ofrecer al comercio. Pierre Nicolás suena es elegido (de forma casi unánime) como diputado, regresando al término de la asamblea constituyente, como primer magistrado de la ciudad. Las circunstancias son duras y para evitar el declive Alexandre se interesa por otros temas, e.g. la explotación de los bosques del Conde d’Évreux, pertenecientes al duque de Bouillon, la introducción en la fabricación de hierro de procedimientos novedosos más potentes y expeditivos que los empleados tiempo atrás (lo que el gobierno requisa para el servicio de artillería, dificultando las transacciones comerciales o industriales, con pérdidas que reclama al correspondiente ministerio), o la compra en 1792 del dominio nacional de Saint-Paul, en el barrio de Rouen, donde establece un taller de tintes.

En este contexto, la industria debe estar agradecida a la Casa Fontenay por su contribución a la aplicación del método de blanqueo por el ácido muriático auspiciado por Berthollet, al comunicar Descroizilles (Figura 12) a Alexandre Defontenay su deseo (99) de probar fortuna y ponerse de acuerdo Alejandro y Nicolás en abordar los cuantiosos costes derivados de dicha empresa.

“Un de nos collègues, M. Descroizilles, l’aîné, avait conçu le projet de tourner cette découverte au profit des fabriques. Pour y parvenir, il devenait, avant tout, indispensable de multiplier les essais. Jusque-là, on considérait cette découverte comme une brillante théorie dont les résultats n’étaient pas encore prouvés, D’heureux résultats pouvaient seuls lever les incertitudes et triompher des préventions. Il était impossible enfin de réussir sans de expériences dispendieuses, sans les ustensiles, les apprêts et les bâtiments convenables. M. Descroizilles communique son dessein à M. Alexandre Defontenay. Ce citoyen en parle aussitôt à son frère, et tous deux tombent d’accord qu’il n’est point d’établissement plus propre à procurer de grands avantages aux manufactures du département. Tisserands, bonnetiers, teinturiers, apprêteurs, ne doivent bientôt plus être obligés de suspendre leurs travaux, même pendant les rigueurs de l’hiver. Les frères Defontenay se fient, sans hésiter, aux connaissances chimiques et au zèle actif de M. Descroizilles. Bref, un blanc dont l’éclat l’emporte sur celui qui sont les curandiers dans la plus belle saison, sort du nouvel établissement. Les soins de M. Descroizilles redoublent. La maison Defontenay seconde efficacement cet habile chimiste de sa fortune et de son crédit. C’est donc, d’une part, au patriotisme de M.M. Defontenay, et à

la persévérance de M. Descroizilles que les fabriques sont redevables du succès du procédé de blanchiment par l'acide muriatique, maintenant pratiqué sur divers point de l'Empire".

"Alexandre de Fontenay releva le courage du chimiste qui avait construit la première blanchisserie, lui fournit des fonds, paya ses fautes, et fit des sacrifices jusqu'à ce que le procédé fût devenu usel ; et il le devint, en dépit de ce qui avait manqué de prudence à celui qui l'avait introduit".

Alexandre es elegido (106) para la cámara de los Cien-Días, y se le concede la Legión de Honor en 1831. Hombre de acción, pero siempre al corriente de las obras de economía política de la escuela de Edimburgo y de los escritores franceses. Contrario al establecimiento de barreras arancelarias mal entendidas, admite la necesidad de proteger las industrias incipientes frente a las extranjeras bien establecidas, y proyecta ventajosamente en circunstancias difíciles, las manufacturas de algodón, a pesar de la presión inglesa. Publica obras (102) sobre importantes materias, e.g., tratado de las diferentes maneras de hilar el algodón, o sobre las tarifas de aduanas, en donde establece la preferencia que le merece la de 1791 sobre la de 1832.

Saca a colación lo que paga en impuestos un ingles, en derechos feudales y por la tasa de los pobres, con lo que paga un francés en todo tipo de contribuciones, encontrando que el inglés paga el doble que el francés, lo que no puede explicarse más que por la extensión del comercio y de las manufacturas, tan vivamente perseguida a uno de los lados del estrecho como tan olvidada en el otro. Resume su doctrina en una simple proposición (102, p. 90)

"Enrichir pour imposer, voila l'art; ruiner en imposant, voila la folie".

Llama la atención sobre una observación hecha en Inglaterra por Pitt, uno de sus primeros hombres de estado (102, p. 91)

"que les deux tiers de ce que gagne un tisserand entrent au trésor public dans l'espace d'une année".

Alexandre no se limita a publicar; llama a la puerta de los ministros y personas influyentes, recabando la causa del interés público que con tanto ahínco y calor alienta. Alexandre De Fontenay, caballero de la Legión de Honor, miembro de la Sociedad libre de Fomento, fundador del primer establecimiento de gran hilatura establecido en Francia, decano de los fabricantes del departamento del Sena Inferior, fallece en el seno de un establecimiento industrial, Saint-Paul en el barrio de Rouen, con las botas puestas.

Volviendo a Bodeau de Grancourt, al dar a conocer a Descroizilles el dispositivo de Velter para la absorción del cloro (93), facilita mucho sus investigaciones. Descroizilles llega a una solución del problema que el blanqueo con cloro plantea añadiendo simplemente tiza al agua sobre la cual borboteaba la corriente de cloro gaseosa, como se ha indicado previamente (72) antes de que Berthollet encontrara su famosa agua de Javel.

Según Dubosc (93) acababa de inventar el cloruro de cal, al que da modestamente, como reconoce Bodeau de Grancourt en una carta dirigida al Journal de Normandie (112), el nombre de « Lessive de Berthollet »

"Encore deux mots, monsieurs et je finish. Je compte prover, sn réplique, que les fils tissus or non tissus, tant en coton qu'en lin et chanvre, blanchis par la lessive de Berthollet, son moins altérée que par la méthode ordinaire".

## 8. DESCROIZILLES PADRE DEL ANALISIS VOLUMETRICO

Descroizilles comprueba que la concentración de hipoclorito es el factor más importante que controla el proceso de blanqueo, e idea un método volumétrico para su determinación por valoración con una disolución de índigo, que publica en un periódico regional "Archives de Normandie" (113 p. 29). Se trata del primer ejemplo de una volumetría redox. Una descripción del procedimiento se encuentra en un trabajo de Berthollet (38, p. 162) (72, p. 15) publicado en los "Annales de Chimie":

"...mais un habile chimiste de Rouen, M. Décroisille qui faisait aussi des épreuves..."

Siempre interesado en los factores que afectan al rendimiento, Descroizilles encuentra que la producción de cloro se incrementa cuando se sustituye el ácido clorhídrico concentrado por el ácido sulfúrico en la proporción 1:1 (114, pp 517-518), y establece una manufactura en Rouen para suministrar el ácido sulfúrico necesario (115, p. 85; 26) para el procesos de blanqueo ideado por Berthollet. La innovación del procedimiento de blanqueo, primero de su tipo en Francia, y el montaje de la gran fábrica de hilado según los procedimientos d'Artkright, convierten pronto a Rouen en el centro de la industria textil del blanqueo (97, pp v-vi):

"Ces deux innovations ont plus que décuplé les produits de nos fabriques de coton, en quadruplant le nombre de leurs ouvriers, tandis que, malgré le renchérissement inévitable de la matière première, les tissus devenus beaucoup plus parfaits, on été réduits au-dessous du tiers de leurs prix antérieurs, et par conséquent mis a la portée d'un bien plus grand de consommateurs".

Sir Richard Arkwright (1732-1792), Figura 8, patenta el marco giratorio movido por agua en 1769 y funda la primera factoría hidráulica de algodón del mundo, en Cromford (Derbyshire, Gran Bretaña) en 1771, siendo uno de los catalizadores de la revolución industrial (116-119).

Dadas las mejoras que se aportan en el establecimiento de Lescure-lez-Rouen, se decide su adopción en todas las fábricas (120). Las ventajas del procedimiento son obvias « Les tisserands, bonnetiers, teinturiers ou apprêteurs ne devaient ainsi « plus être obligés de suspendre leur travaux, même pendant les rigueurs de l'hiver (27-29, 99, 102), y el método de Descroizilles, modificado (ya que sus resultados variaban dependiendo de cuanto cloro e índigo se mezclan), gana rápidamente popularidad en la industria del blanqueo (121) dentro y fuera (54, p. 85) de Francia:

"The nature of the advantages thus introduced was truly surprising. Persons acquainted only with the modern mode of bleaching are astonished when they are informed,

that what is now the work of few days, was formerly the work of a whole summer; that what is now done almost within doors, formerly required extensive tracts of meadow ground at present under the plough; and, finally, that what is now undertaken and accomplished at all periods of the year, was then attempted during only half the year, the wintry period being wholly incompatible with the old process”.

“...The saving of time and of expense to the individual, -the redeeming of so much land to the country,- and in

general the activity has been given to the rapid circulation of capital in the community, have altogether been a source of incalculable benefit to the commerce of England, and to the general comfort of mankind”.

Recibe una medalla de Oro del Jurado (122-124) de la Exposición de Rouen “por haber creado una de las más perfectas instalaciones de blanqueo berthollido existentes en Francia”.



**Figura 12. Retrato de Descroizilles según una miniatura de Judelet (Museo de Rouen) [18]. En L. Simón, Le chimiste Descroizilles (François-Antoine-Henri) 1751-1825. Sa vie – son oeuvre, L. Wolf: Rouen, 1921.**

## 9. COMENTARIOS FINALES

Tras el descubrimiento del cloro por Scheele y el estudio de sus propiedades de blanqueo por Berthollet se abre una nueva etapa en la industria química, que entre otras consecuencias origina el desarrollo del análisis volumétrico. Si los elementos químicos fueran personajes (125), el cloro sería una celebridad. La importancia del arte de teñir y las repercusiones económicas que conlleva se ponen de manifiesto en el prefacio del traductor Domingo García Fernández en los Elementos del Arte de Teñir (126). El trabajo previo de Francis Home, William Lewis y Joseph Black también directamente relacionados con el blanqueo no debe de pasarse por alto (25-26).

Hacia mitad del siglo XVIII se hace un uso común (7, 10, 16, 127) de métodos rutinarios de ensayo en las diferentes etapas del proceso de manufactura de álcalis. De hecho, algunos de estos métodos se habían diseñado en conexión con los procedimientos de blanqueo. Guyton de Morveau (128, pp 12-13) muestra en 1782 la vitalidad de esta actividad al afirmar

“Pour la retrancher, il faut la connoître; il faut sur-tout

pouvoir arriver à cette connaissance par des moyens simples, expéditifs, qui en peu de jours deviennent une routine aveugle mais sûre dans la main des Ouvriers les moins intelligents; cest-là sans doute le point épineux du problème, je crois cependant pouvoir en offrir une solution satisfaisante”.

Sin embargo, en esta época el significado de la información analítica rutinaria en una planta comercial y sus implicaciones en los procesos llevados a cabo por los artesanos era complejo, dada su heterogeneidad.

En esta contribución se ha afrontado el procedimiento de blanqueo teniendo en cuenta no solo los aspectos científicos o técnicos sino también otros factores, e.g. socioeconómicos. Desde su posición privilegiada como Comisario químico, Berthollet potencia el empleo de un método, que exige la solución de dificultades técnicas y que requiere de conocimientos químicos, recelando del mismo a este último respecto, en primera instancia, los comerciantes dedicados a los métodos de blanqueo tradicionales.

Watt, un químico escocés de primera clase jugó un importante papel (84) en la introducción del cloro como

agente de blanqueo en Inglaterra:

“Aussi, quoique dans l’art du filateur les moyens mécaniques aient été poussées à leur terme, un million et demi d’ouvriers trouvent aujourd’hui de l’emploi, là où, avant les inventions d’Arkwright et de Watt, on en comptait seulement cinquante mille”.

El puerto de Rouen era desde hacía mucho tiempo uno de los almacenes de Europa, y sus habitantes han contribuido (109) con muchos nombres ilustres (Fontenelle, Lemery, Dulong, Corneille, Jouvenet) al comercio, ciencias y letras. Lananas destinadas a fábricas de telas y telas destinadas al suministro de América del Sur (lienços conocidos con el nombre de Blancards) y México eran enviadas desde Rouen a Cádiz, dada su calidad y la confianza que los comerciantes españoles tenían depositada en la Casa Defontenay, que disponía en nuestro país (102) de distinguidas amistades (Cabarus, Izquierdos, Morales).

Conviene enfatizar a este respecto, que en una provincia cuya industria y fábricas rivalizaban con las de Inglaterra, la casa contribuyó (99-100, 102, 108-111) al sostén de la economía en Francia. En este contexto se incardina la obra de Descroizilles, padre del análisis volumétrico, cuyas investigaciones del nuevo método de blanqueo ideado por Berthollet fueron objeto del necesario apoyo económico y sostén. En la segunda parte de esta contribución abordaremos con detalle la vida y obra de Descroizilles, prestando al final atención a la contribución de Gay Lussac a la Volumetría.

## 10. REFERENCIAS

1. Asuero AG, Michalowski T. Comprehensive formulation of titration curves for complex acid-base system and its analytical applications. *Crit Rev Anal Chem* 2011; 41(2): 151-87.
2. Beck CM. Towards a revival of classical analysis. *Metrologia* 1997; 34(1): 159-66.
3. Felber H. Titrimetry at a metrological level. *Metrologia* 2003; 40(5): 249-54.
4. Johansson A. The development of the titration methods, some historical annotations. *Anal Chim Acta* 1988; 206: 97-109.
5. Terra J, Rossi AV. Sobre o desenvolvimento da análise volumétrica e algumas aplicações atuais. *Quimica Nova* 2005; 28(1): 166-71.
6. Anon. On volumetrical analysis. *Pharm J* 1854; 13: 284-7.
7. Rancke Madsen E. *The Development of Titrimetric Analysis Till 1806*. Copenhagen: Gad 1958.
8. Page FG. Francis Home and Joseph Black: the chemistry and testing of alkaline salts in the early bleaching and alkaline trade. *Bull Hist Chem* 2002; 27(2): 107-13.
9. Page FG. The birth of titrimetry: William Lewis and the analysis of American potashes. *Bull Hist Chem* 2001; 26(1): 66-72.
10. Donnelly J. Consultants, managers, testing slaves: changing roles for the chemists in the British alkali

- industry, 1850-1920. *Technol Cult* 1994; 35(1): 100-28.
11. Szabadváry F. *History of Analytical Chemistry*. Yverdon, Switzerland: Gordon and Breach 1992.
12. Campbell WA. Analytical chemistry of the leblanc soda trade. *Proc Anal Div Chem Soc* 1978; 15: 208-10.
13. Labrude P. Les pharmaciens et l’histoire de la titrimétrie: Philippe Jaussaud, « Histoire de la titrimétrie » in *Les Actualités Pharmaceutiques* n° 334, 1995, à n° 338, 1996. *Rev Hist Pharm* 1996; 84(309): 207-8.
14. Stephen WI. Early titrimetric analysis. *Anal Proc* 1980; 27(3): 73-6.
15. Beck CM. Classical analysis. A look at the past, present, and future. *Anal Chem* 1994; 66(4): 224A-39A.
16. Page FG. *Chemical and Analytical Aspects of the Early Alkali and Bleaching Industries in Britain*. Leicester: PhD Thesis, University of Leicester 1999.
17. Winderlich R. Carl Friedrich Wenzel 1740-1793. *J Chem Educ* 1950; 27(2): 56-9.
18. Wenzel CF. *Lehre von der Verwandtschaft der Körper*. Dresden 1777, 1782, 1800.
19. Bergman. *Elementos Físico-Químicos de la Analisis General de las Aguas*. Madrid: Imprenta 1794 (adaptado a la Nueva Nomenclatura): p. 59.
20. Fors H. *Mutual Favours. The Social and Scientific Practice Eighteenth- Century Swedish Chemistry*. Uppsala: University of Upsala 2003: pp. 167-97.
21. Beddoes T. *The Chemical Essays of Charles-William Scheele*, translated from *The Transactions of the Academy of Sciences of Stockholm*, with additions. London: Scott, Greenwood 1901 (Edinburgh: J Murray, 1786).
22. M’Intosh JG. The life of Karl Wilhem Scheele. En *The Chemical Essays of Charles-William Scheele*. London: Scott, Greenwood 1901: p. xxii.
23. Asuero AG. Los halógenos ¿material mineral farmacéutica?. *An R Acad Nac Farm* 2008; 74(1): 51-64.
24. Ashbee R. The discovery of chlorine. A window on the chemical revolution. En *An Element of Controversy. The Life of Chlorine in Science, Medicine, Technology and War*. London: British Society for the History of Science, BSHC 2007: pp. 15-40.
25. Sáez-Plaza P, Martin J, Asuero AG. The contribution of Francis Home (1720-1813) and William Lewis, pharmaceutical authors, to the alkalis and bleaching. *An R Acad Nac Farm* 2017; 83(4): 403-20.
26. Sáez Plaza P. *De los Alcalis del Comercio a los Métodos Iodométricos: Contribuciones Farmacéuticas al Desarrollo del Análisis Volumétrico*. Sevilla: Tesis Doctoral, Departamento de Química Analítica, Universidad de Sevilla 2015.
27. Dambourney L. Prix des arts utiles pour l’année 1787. *Journal de Normandie*, du 29 novembre 1786; *L’Esprit des Journaux, François et étrangers* 1787:

- Tome I, Seizième Année, 291-3.
28. Rouen Premiums. *The Gentleman's Magazine: and Historical Chronicle*. 1787; 57 (Part the First): 312.
  29. V. *Anzeigen von Gelehrten und Künstlern auch Preisaufgaben*, *Intelligenzblatt der Allgemeine Literatur-Zeitung vom Jahre 1787*; 16: 64.
  30. Cuvier, Eloge historique de M. Le Comte Berthollet, lu à la séance publique du 7 juin 1824. *Mémoires de L'Académie Royale des Sciences de L'Institut de France*, Tome VIII. Paris: Chez Firmin Didot Père et Fils 1829: pp. cxxix-ccx.
  31. Smith JG. *The Origen and Early Development of the Heavy Chemical Industry in France*. Oxford: Clarendon Press 1979: p. 134.
  32. Chung M, Farooqi S, Soper J, Brown O. Obstacles in the establishment of chlorine bleaching. En "An Element of Controversy. *The Life of Chlorine in Science, Medicine, Technology and War*. London: British Society for the History of Science, BSHC 2007: pp. 153-78.
  33. Wisniak J. Bleaching. From antiquity to chlorine. *Ind J Chem Technol* 2004; 11: 876-87.
  34. Berthollet. Mémoire sur l'acide marin déphlogistiqué. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* (1785): 276-295, impreso en 1788. Mémoire sur l'acide marin déphlogistiqué. Lu à la Séance de l'Académie des Sciences du 6 Avril 1785. *J Phys* 1785; 26: 321-5.
  35. Lemay P. Berthollet et l'emploi du chlore pour le blanchiment des toiles. *Rev Hist Pharm* 1932; 20(78): 79-86.
  36. Poussier. De L'Origine du Blanchiment du Coton a Rouen. Les débuts du Blanchiment au Chlore des Fils et Tissus en Normandie. *Bulletin de la Société Libre d'Emulation du Commerce et de l'Industrie de las Seine-Inférieure*, Exercices 1922, 1923, Imprimerie Léon GY, Albert LAINÉ, Rouen 1924.
  37. Eyre GE, Spottiswoode W. *Descriptive catalogue of Machines, Models, &c. in the Museum of the Commissioners of Patents at South Kensington*, 3th ed., 1859: p. 77.
  38. Berthollet. Du blanchiment des Toiles & des Fils par l'acide muriatique oxigéné, & de quelques autres Propriétés de cette Liqueur relative aux Arts. *Ann Chim* 1789; 2: 151-290.
  39. Berthollet. Additions a la description du Blanchiment, &c. *Ann Chim* 1790; 6: 204-9.
  40. Bailly A. *L'Industrie du Blanchissage et les Blanchisseries*. Paris: Libraire J-B Baillièrre et fils 1896.
  41. Davy H. *Researches on the Oxymuriatic Acid, its Nature and Combinations; and on the Elements of the Muriatic Acid. With some Experiments on Sulphur and Phosphorous, made in the Laboratory of the Royal Institution*. *Phil Trans Roy Soc London* 1810; 100: 231-57.
  42. Scheidecker-Chevallier AM. Ampère et la découverte des halogènes. *Act Chim* 1994; (11): 101-4.
  43. Chabot H. Qui a découvert le chlore?. *Act Chim* 2008; 316: 41-5.
  44. Smeaton WA. Lavoisier's membership of the Société royale d'agriculture and the Comité d'agriculture. *Ann Sci* 1956; 12(4): 266-77.
  45. *Mémoires d'Agriculture, d'Economie rurale et domestique*, publiés par la Society Royale d'Agriculture, Trimestre d'Automne, Paris 1791: p. xxi.
  46. Rapport sur le procédé de BERTHOLLET, pour le Blanchiment des Toiles, lu a la Séance publique du 5 Mai, par C. Lavoisier. *Journal du Lycee des arts* N° 3, 13 Mai, 1793, 3-8 (firmado por Fourcroi y Lavoisier).
  47. Lettre du 2 février 1790 de M. Berthollet, membre de l'Académie de Sciences, à M. de Tolozan, lui envoyant un exposé de ses travaux, particulièrement en ce qui concerne la teinture, avec réponse à M. Berthollet, annonçant l'envoi de son mémoire sur les teintures aux commissaires de Bureau du Commerce 8 février 1790.
  48. Parker HT. *An Administrative Bureau during the Old Regime: the Bureau of Commerce and its Relations to French Industry from May 1781 to November 1783*, London and Toronto: University of Delaware Press 1993.
  49. Pajot-des-Charmes C. *L'Art du Blanchiment des Toyles, fils et cotons de tout genre*. A.J. Dugour et Durand 1798: p. 57
  50. Musson AE, Robinson E. *Science and Technology in the Industrials Revolution*. Manchester: Manchester University Press 1969.
  51. Nieto-Galan A. *Colouring Textiles; a History of Natural Dyestuffs in Industrial Europe*. Dördrecht: Kluver 2001.
  52. Sáez Plaza P, Asuero AG. La barrilla y la sosa sintética (1ª Parte). *Memorias de la Real Academia Sevillana de Ciencias* 2016; 19: 125-46.
  53. Sáez Plaza P, Martin J, Asuero AG. La sosa sintética (2ª Parte). *Memorias de la Real Academia Sevillana de Ciencias* 2016; 19: 147-67
  54. Colquhou H. On the life and writings of Claude-Louis Berthollet. *Ann Phil* 1825; 1-18: 81-96; 162-85.
  55. LBG. Sur le blanchiment par la lessive Berthollienne. *Ann Chim* 1806; 58: 324-5.
  56. Guyton de Morveau. *Encyclopédie Méthodique, Chimie, Pharmacie, Métallurgie*, Tome Second, Paris: Chez Pankhoucke 1792: p. 590.
  57. O'Reilly. Nouvelle manière de blanchir à la vapeur, le Coton, les Laines, etc, avec la description de l'appareil exécuté par le C. O'Reilly. Paris: *Annales des Arts et manufactures*, Tome IV, Blaise Jeune, Libraire 1818: pp. 61-76.
  58. Ballot C. *L'Introduction du machinisme dans l'Industrie Française*. Genève: Slatkine Reprints 1978.
  59. Donaghay M. *Textiles and the Anglo-French Commercial Treaty of 1786*. *Text Hist* 1982; 13(2): 205-24.



60. Bowden W. The English Manufactures and the Commercial Treaty 1786 with France. *Am Hist Rev* 1919; 25(1): 18-35.
61. Defontenay A. Quelques notices sur le Traité de Commerce de 1786, Sur les Manufactures d'Angleterre et de France; Sur les Causes de la prospérité de celle-là et de la Décadence de celle-ci. Paris: Imprimerie de Craignieu aîné 1802.
62. Anon. Economie politique, Précis analytique des travaux de l'Académie des Sciences, des belles-lettres et des arts de Rouen pendant l'année 1806. Rouen: 1807.
63. Correspondance des Propriétaires & Entrepreneurs de la Manufacture de Monseigneur COMTE D'ARTOIS pour les Acides & Sels minéraux, établie à Javel, près Paris, sur la Fabrication en grand de L 'ALUN-FACTICE. *Le Journal de Paris* 1780, N° 302, 28 Oct.
64. L'Abbe Lebeuf. Histoire de la ville et de tout la diocèse de Paris. Paris: Ville de Paris et Ancienne Banlieue, Honore Champion, Libraire 1901: p. 601.
65. Dancourt. Le Moulin de Javelle, Chez Etienne Foulque, A La Haye 1705.
66. Le Roux T. Le Laboratoire des Pollutions Industrielles: Paris 1770-1830, Albin Michel 2011: p. 1765.
67. Baud P. Les débuts de l'industrie chimique en France. *Annales de l'Université de Paris* 1932; 7: 241-59.
68. Guille B. Documents sut l'art de l'industrie et du Commerce de Paris et du Département de Seine (1778-1810), Imprimerie municipale 1963.
69. Le Rédacteur N° 794, Du 29 Pluviôse An 6 de la République, Samedi 17 Février 1798, vieux style, p. 2.
70. Alban & Vallet. *Journal Politique ou Gazette des Gazettes*, Juin, Seconde Quinzaine 1785: pp 54-55.
71. Dorveaux P. L'Invention de l'eau de Javel. *Rev Hist Pharm* 1919; 17(63): 286-7.
72. Berthollet CL. Description Du Blanchiment Des Toiles Et Des Fils, Par L'Acide Muriatique Oxygéné, Paris: Chez Fuchs 1795.
73. Bouvet M. Les grands pharmaciens: Labarraque (1777-1850). *Rev Hist Pharm* 1950; 38(128): 97-107.
74. Duhamel J. Grand Inventaire du Génie Français en 365 Object, A. Michel 1990: p. 133.
75. Nikiitin IV. Oxyacids of halogens HOHal. *Russ Chem Rev* 2004; 73(6): 609-16.
76. Belhoste B. Paris Savant, Parcours et rencontres au temps des Lumières, Paris: Armand Coton 2011.
77. Szramkiewicz R. Les Régents et Censeurs de la Banque de France nommés sous le Consulat et l'Empire, Genève: Libraire Droz 1974: p. 43.
78. Deustsch L. Métronome 2, Paris Intime au fil de ses rues, Michel Lafon 2016.
79. Burns DT. The Lunar Society and Midlands chemists. *Anal Proc* 1991; 28: 402-7.
80. Dorveaux P. Les grands pharmaciens: VII. Quinquet (1745-1803). *Bull Soc Hist Pharm* 1919; 7(21): 1-14.
81. Muirhead JP. The Life of James Watt with selections from this correspondence, London: John Murray 1858: p. 399.
82. Peter MJ. Industrial Enlightenment: Science, Technology and Culture in Birmingham and the West Midlands 1760-1820, Manchester: Manchester University Press 2008: p. 204.
83. Potiquet A. L'Institut Nationale de France, ses diverses organisations, ses membres, ses associés, et ses correspondants, Paris: Didier 1871: p. 80.
84. Arago, Eloge Historique de James Watt, un des huit associes étrangers de l'Académie des Sciences. Lu à la séance publique du 8 de décembre de 1834. Mémoire de l'Académie royale des sciences de l'Institut de France, Tome XVII, Firmin Didot Frères 1840: pp. LXj-CLXXXVIIj.
85. Pugh JS, Hudson J. The chemical work of James Watt, F.R.S. *Notes Rec Roy Soc London* 1985; 40(1): 41-52.
86. Marsen B, Smith C. Engineering Empires: a Cultural History of Technology in Nineteenth Century, Palgrave MacMillan 2005: p. 85.
87. Davy J (Ed.). The Collected Works of Sir Humphry Davy, Vol VII, London: Smith, Elder and Co. Cornhill 1840: p. 141.
88. Arago, Historical Eloge of James Watt, traducido del francés por J.P. Muirhead, con notas adicionales y apéndice; Appendix No. III. Proceeding of the Public Meeting held at Freemasons' Hall, on the 18 th June, 1824 for erecting a monument to the late James Watt, pp 183-239, p. 191.
89. Craik GL, Mac Farlane C. The Pictorial History of England. Vol. 5, London: Charles Knight 1849: p. 580.
90. Dorn H, Watt J. Dictionary of Scientific Biography, Vol IX, Gillispie, C.C. (Ed.), New York: Charles Scribner's Sons 1976: pp. 196-9.
91. Mantoux P. La Révolution Industrielle au XVIIIe siècle. Essai sur les commencements de la grande industrie moderne en Angleterre, Société nouvelle de libraire et d'édition 1906: p. 251.
92. Muirhead JP. The Origin and Progress of the Mechanical Inventions of James Watt. Vol II. Extracts from correspondence 1854: p. 228.
93. Dubosc A. DÉCOUVERTE NORMANDE - L'industrie rouennaise d'autrefois - Le Curandiers - Descroizilles et le chlorure de chaux - Les créateur du Blanchiment - Watt a Rouen. Le Travailleur Normand, organe républicain de la Seine-Inferieure de l'Eure. Sixième Année, N° 257, Dimanche 15 Mars 1806.
94. Harris JR. Industrial Espionage and Technology Transfer Britain and France in the Eighteen Century. Oxon: Routledge 2017 (1998 first).
95. Simon L. Le Chimiste Descroizilles (François-Antoine Henri) 1751-1825. Sa Vie. Son oeuvre, Rouen: L. Wolf 1921.
96. Descroizilles. Description et usages du berthollimètre, ou instrument d'épreuves pour l'acide muriatique oxigéné liquide, pour l'indigo et pour l'oxide de

- manganese; avec des observations sur l'art de graver le verre par le gaz acide fluorique. *J Arts Manufact* 1794-1795; 1: 256-76.
97. Descroizilles. Notices sur l'alcali-mètre et autres tubes chimico-métriques, ou sur le polymètre-chimique, et sur un petit alambic pour l'essai des vins, Troisième Ed., Paris: Chez l'Auteur et chez CHEVALIER 1824.
  98. Deschamps L. Allocution pour le centenaire de Descroizilles. *Bulletin de la Société Libre d'Emulation du Commerce et de L'Industrie de la Seine Inferieure*, Exercices 1924, 1925, Imprimerie Leo GY, Albert Lainé, Rouen 1926: pp. 165-172.
  99. Guilbert PhJEV. Eloge nécrologique de Mr. Defontenay, lu les 1er et 15 ars de l'an 1806, dans la Séances de la Société Libre d'Emulation de Rouen. Rouen: Imp. de Vt Guilbert 1806.
  100. Gourdin. Notice biographique sur M. de Fontenay, Précis analytique des travaux de l'Académie des Sciences, des Belles-Lettres et des Arts de Rouen Pendant l'Année 1806, Rouen 1807: pp. 31-5.
  101. Perrée E. Les origines de la filature mécanique de Coton en Normandie, Précis analytique des travaux de L'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Rouen pendant l'année 1922, Rouen 1923: pp. 83-101.
  102. Le Comte Beugnot. Notice sur Alexandre de Fontenay, membre de la Société Libre d'Émulation de Rouen, Séance Publique de la Société Libre d'Emulation de Rouen Tenue le 6 juin 1833, Rouen : F. Baudry, Imprimeur du Roi 1834: pp. 70-93.
  103. Inauguration du Mémorial des Fondateurs de l'Industrie Cotonnière en Normandie érigé su la façade du Musée Industriel et Commercial de Rouen par les soins de la Société Libre de Emulation du Commerce et de l'Industrie de la Seine-Inferieure. *Bulletin de la Société Industriel de Rouen*, 1928: 218-230.
  104. Fontenay, Alexandre de; <http://worldcat.org/identities/viaf-39490362/>
  105. Defontenay (Pierre-Nicolas). *Dictionnaire des Parlementaires Français*. Tome II. Paris: Bourloton 1890: p. 292.
  106. Defontenay (Alexandre). *Dictionnaire des Parlementaires Français*. Tome II. Paris: Bourloton 1890: p. 293.
  107. Alexandre de Fontenay (1748-1833); [http://data.bnf.fr/12543976/alexandre\\_de\\_fontenay/](http://data.bnf.fr/12543976/alexandre_de_fontenay/)
  108. Extrait de l'éloge de M.F. de Fontenay, membre du sénat conservateur, décédé le 14 février 11806, par M. François (de Neufchâteau), président du sénat. *L'Honneur Français*, Tome Second. Paris: Léopold Collin 1808: pp. 86-91.
  109. Guilbert PhJEtVt, Defontenay. *Mémoires biographiques et littéraires par ordre alphabétique*. 1812: Tome Premier, pp. 286-92.
  110. *Gazette Nationale ou le Moniteur Universel*, Vendredi, 14 février 1806, Interne, 13 février, Discurso del Presidente del Senado (S Exc. M. François (de Neufchâteau) con motivo del fallecimiento de M. Le Sénateur de Fontenay.
  111. de Fontenay PM. Lettre à Babeth: *Chroniques de l'Assemblée Nationale par un Normand (1789-1791)*, *Kronos* N° 87, 2015 (French Édition).
  112. N° 30 au *Journal de Normandie* du samedi 12 avril 1788: pp. 122-3.
  113. Christophe R. L'Analyse volumétrique de 1790 a 1860. Caractéristiques et importance industrielle. *Evolution des instruments*. *Rev Hist Sci* 1971; 24(1): 25-44.
  114. Duval C. Francois Descroizilles, the inventor of volumetric analysis. *J Chem Educ* 1951; 28(10): 508-19.
  115. Horn J, *The Path Not Taken : French Industrialization in the Age of Revolution 1750-1830*. Cambridge MA: The MIT Press 2006: p. 85.
  116. Leduc MS-G. Sir Richard Arkwright, ou, Naissance De L'Industrie Cotonnière Dans La Grande-Bretagne (1760-1792). Paris: Guillaumin 1841.
  117. Guest R, Arkwright R. *A Compendious History of the Cotton Manufacture; with a disposal of the claim of Sir Richard Arkwright to the invention of its Ingenious Machinery*. Manchester: Joseph Pratt 1823.
  118. Espinasse F. *Lancashire Worthies*, Chap. XIII. Richard Ackwright. London: Simpkon, Marsall & Co. 1874: pp. 369-469.
  119. Espinasse F. *Lancashire Worthies*, Chap. XII. John Kay and James Hargeaves. London: Simpkon, Marsall & Co. 1874: pp. 294-368.
  120. Girardin MJ. *Leçons de Chimie Élémentaire appliquée aux Arts Industriels*, Quatrième édition, II Chimie Organique. Paris: Victor Masson et Fils 1861: pp. 370-371; 677.
  121. Arvers, pharmacien, *Discours sur les Etablissements de blanchisserie berthollienne*, lu a la Société d'Emulation de Rouen, dans sa séance publique du 9 juin 1818.
  122. de Champagny ASEM. *Rapport du Jury sur les produits de l'industrie Française*, Paris: De L'Imprimerie Impériale 1806: p. 86.
  123. *Notices sur les Objets Envoyés a L'exposition des Produits de L'Industrie Française*. Paris: De L'Imprimerie Impériale 1806: p. 311.
  124. *Exposition de 1806. Rapport du Jury sur les produits de l'industrie française*, Paris: De L'Imprimerie Impériale 1806: Chapitre 11 Apprêts et Teintures, Section I, Blanchiment, Médailles d'Or. 281. M. DESCROISILLES l'aîné, à Lescure près Rouen: pp 86-87.
  125. Chang H. Chlorine: undergraduate research on an element of controversy. *J Chem Educ* 2009; 86(4): 418-21.
  126. Berthollet. *Elementos del Arte de Teñir*. Tomo I. Madrid: Imprenta Real 1795.

127. Donnelly JF. Chemical Education and the Chemical Industry in England from the Mid-Nineteenth to the Early Twentieth Century, University of Leeds, School of Education, November 1987.
128. Morveau. Sur les moyens de saturer les eaux mères du nitre, sans perde de l'alkali, & pour enter le mélange du muriate de potasse, ou sel de Sylvius, avec la salpêtre. Mem Acad Dijon 1782; 2° Semestre: 1-26.