

出國報告（出國類別：研習）

經濟部一〇三年台法技術合作人員訓練計畫
「先進飲用水淨水處理技術與水質
監測技術及管理研習」
出國報告

服務機關：台灣自來水公司

姓名職稱：黃聖然 工程師

派赴國家：法國

出國期間：103.09.12~103.09.26

報告日期：103.11.11

系統識別號：C10303879

公務出國報告提要

頁數：142 含附件：有

報告名稱：經濟部一〇三年台法技術合作人員訓練計畫「先進飲用水淨水處理
技術與水質監測技術及管理研習」出國報告

主辦機關：經濟部國際合作處

聯絡人/電話：王佩萍/02-23212200 ext593

出國人員：黃聖然 台灣自來水公司工程員

出國類別：研習

出國地區：法國

出國期間：103 年 09 月 12 日至 103 年 09 月 26 日

報告日期：103 年 11 月 11 日

分類(主題/施政)：水利/飲用水

關鍵詞：淨水場高級處理、水質監測儀器、水質監測技術、水質標準、水價、

氯化鐵、Veolia、Degremont、Grand Lyon、Hemera、Saur。

摘要

近年來因全球暖化氣候變遷影響，極端氣候現象導致高濁度、高藻類、高總有機碳(TOC)、高鐵、錳(Fe、Mn)等原水水質異常狀況時常發生，在此情況下自來水傳統淨水處理及操作技術已逐漸無法提供質優、量足之自來水，淨水處理技術提升為目前台灣自來水產業重要的一環。另外隨著科技猛進，許多新合成之化學物質、藥物被民眾大量使用，若無法透過本身或自然界微生物代謝作用代謝，逕而排入河川等地面水體，當大量在環境中達到一定濃度時，可能危害環境生態及人體健康，該類物質亦稱為新興污染物。

隨著檢測技術與儀器設備提昇，儀器偵測極限降低，上述提及之檢項數據逐漸可被檢測出並量化，因此可藉由定期採樣檢測或裝設線上監測儀器，發揮水質預警監控管理之效能，進一步做為調整淨水處理單元操作之依據。

為強化飲用水水質管理，進一步提升飲用水品質，環保署於今(103)年修正發布飲用水水質標準增列鋁及部分新興污染物管制標準，其中又以鋁分三階段施行日趨嚴格，隨即造成本公司面臨必須提升處理設備、變更處理程序，甚至需擴充場址。本計畫擬藉由與國外經驗的交流，研擬最佳方式處理類似問題，期能將最新改善策略提出並應用至國內自來水淨水處理，以符合環保法規規定。

目 錄

摘要.....	II
目 錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	VII
壹、研習目的.....	1
貳、研習行程.....	2
參、研習過程.....	8
一、造訪巴黎	8
二、參觀巴黎自來水水館(Eau de Paris- Montsouris réservoir)(一)	9
三、參觀巴黎下水道博物館(Musée des égouts de Paris)	14
三、參觀巴黎自來水水館(Eau de Paris service- Pavillon de l'eau)(二) ...	24
四、參訪 phytoestore 技術顧問公司	30
五、參訪蘇伊士 Degremont 公司(Suez- Degremont company)轄內所屬 Morsang-Sur-Seine 高級淨水處理場	39
六、參訪 Saint maur des Fossés 高級淨水處理場	53
七、參訪 Annet sur Marne 高級淨水處理場	59
八、參訪 Saur 所屬 Montry 高級淨水處理場	68
九、參訪 Hach-Lange 儀器公司法國銷售總部	73
十、參觀 Axel ' one 化學與環境協同創新研究平台	77
十一、拜訪 BMES 高級氧化處理淨水設備製造商及 INEVO 伊尼沃化工技術顧問公司	79
十二、參訪 Hemera 監、檢測儀器公司	82
十三、參訪 Grand Lyon 轄內所屬 Pierre-Bénite 污水處理場	85
十四、參訪蘇爾 Saur 集團轄內所屬淨、廢水場	90
(一) Boissy Sans Avoir 廢水場	90
(二) Mareil sur Mauldre 淨水處理場	100

(三) Beynes 廢水場	106
(四) Maurepas 廢水場	115
肆、研習心得及建議.....	121
(一) 心得.....	121
(二) 建議.....	122
伍、致謝.....	124
陸、參考文獻.....	125
附錄.....	126

圖目錄

圖 1 巴黎自來水水館所舉辦之地下蓄水池參觀活動照片紀錄	13
圖 2 巴黎下水道博物館參觀照片紀錄	23
圖 3 巴黎自來水水館參觀照片紀錄	29
圖 4 過濾花園®處理污水示意圖	32
圖 5 過濾花園®所選用植物	33
圖 6 天然泳池示意圖	34
圖 7 過濾花園®處理污泥、淤泥及土壤示意圖	35
圖 8 淨化站實例.....	35
圖 9 過濾花園®過去所承接過的工程案與實績	37
圖 10 phytoestore 技術顧問公司參訪照片紀錄.....	38
圖 11 Morsang-Sur-Seine 淨水場鳥瞰示意圖.....	39
圖 12 大巴黎地區供水示意圖	40
圖 13 Morsang-Sur-Seine 高級淨水處理場參訪照片紀錄.....	52
圖 14 脈動式混凝沉澱池示意圖	54
圖 15 每週檢驗水質數據報表(當原水濁度線上監測儀器值與化學檢驗分析值誤差小於 10NTU 時則儀器毋須校正).....	55
圖 16 Saint maur des Fossés 高級淨水處理場參訪照片紀錄	58
圖 17 ACTIFLO®(超高效沉澱池)運作示意圖	62
圖 18 ACTIFLO®沉澱池溢流率與其他沉澱池比較(以倫敦 Iver 水廠為例)	62
圖 19 經 ACTIFLO®處理高藻類前後差異(以謝珀頓(澳大利亞)為例).....	63
圖 20 FLUORAPID®重力式污泥沉澱池運作示意圖	64
圖 21 Annet sur Marne 高級淨水處理場參訪照片紀錄.....	67
圖 22 Montry 高級淨水處理場處理流程.....	68
圖 23 Actina™流體化床構造及原理說明	70
圖 24 ACTIFLO® CARB 運作示意圖.....	71
圖 25 Montry 高級淨水處理場參訪照片紀錄.....	71
圖 26 Montry 高級淨水處理場網路翻拍照片	72
圖 27 SC 1000 可整合多項水質分析項目(目前可至 8 項).....	74
圖 28 SC 1000 可經由多項傳輸模式將即時監測水質資訊回傳中控室.....	74
圖 29 Hach-Lange 新產品 SC 1000 線上水質監測儀器(數位控制器)詳細介紹	75
圖 30 Hach-Lange 儀器公司法國銷售總部參訪照片紀錄.....	76
圖 31 Axel ' one 化學與環境協同創新研究平台參觀照片紀錄.....	78
圖 32 BMES 公司所生產產品(一).....	80
圖 33 拜訪 BMES 高級氧化處理淨水設備製造商及 INEVO 伊尼沃化工技術顧問公	

司照片紀錄.....	81
圖 34 Hemera 榮獲國家肯定之創新專利獎殊榮網頁專欄報導.....	83
圖 35 Hemera 監、檢測儀器公司參訪照片紀錄.....	84
圖 36 Grand Lyon 環保公司及所屬 Pierre-Bénite 污水處理場參訪照片紀錄.....	89
圖 37 Boissy Sans Avoir 廢水場參訪照片紀錄.....	99
圖 38 Mareil sur Mauldre 高級處理淨水場參訪照片紀錄.....	105
圖 39 Beynes 廢水場建築模擬設計圖(上-空照圖，中-平面整體規劃圖，下-參與建設的政府民間機構).....	106
圖 40 Beynes 廢水場週邊形成一豐富生態系部落.....	107
圖 41 Beynes 廢水場綠建築設計概念.....	107
圖 42 Beynes 廢水場綠屋頂及臭氣植物濾清系統.....	107
圖 43 Beynes 廢水場前處理示意圖.....	108
圖 44 Beynes 廢水場生物處理暨終沉池示意圖.....	109
圖 45 Beynes 廢水場參訪照片紀錄.....	114
圖 46 Maurepas 廢水場參訪照片紀錄.....	120

表目錄

表 1 研習行程	2
表 2 巴黎污水下水道與博物館歷史大事紀	14
表 3 巴黎自來水歷史大事紀	24

壹、研習目的

為因應全球暖化氣候變遷影響造成降雨時空錯亂、水資源分配不均及極端氣候現象導致高濁度、高藻類、高總有機碳(TOC)、高鐵、錳(Fe、Mn)等原水水質異常狀況時常發生，傳統自來水淨水處理及操作技術已逐漸無法提供質優、量足之自來水，致淨水處理技術提升乃為目前台灣自來水產業重要的一環。另因科技工業發展突飛猛進導致水源遭受污染嚴重，為貫徹建立由「源頭到水龍頭」多重屏障之水質安全計畫，亟需由原水、淨水、供水、配水、廢水各單元流程之監測技術管理着手，隨著檢測技術與儀器設備提昇，儀器偵測極限降低，許多熱門新興污染物，舉凡如：雙酚 A、塑化劑(鄰苯二甲酸二酯,DEHP)、壬基酚等三項具有生物累積性、持久性難分解有機污染物，重金屬部分如：鋁，微生物部分如：隱孢子蟲、梨形鞭毛蟲，消毒副產物如：溴酸鹽、鹵乙酸，有機磷農藥，揮發性有機物，前述檢項數據逐漸可被檢測出並量化，因此藉由定期採樣檢測或裝設線上監測儀器，發揮水質預警監控管理之效能，進一步做為調整淨水處理單元操作之依據，至為重要。本計畫擬藉此研習交流機會，學習國外先進淨水處理技術及線上監測設備與檢測方面技術，供本公司研擬因應未來環保單位修改法規時之改善策略參考。

為強化飲用水水質管理，進一步提升飲用水品質，環保署於今(103)年修正發布飲用水水質標準第 3 條，增列管制鹵乙酸類、7 項揮發性有機物、鋁等 9 項，並嚴加修訂戴奧辛管制標準，本公司旋即面臨必須提升處理設備、變更處理程序，甚至需擴充場址，始能逐步達成增列管制項目標準。本計畫擬藉由與國外經驗的交流，研擬最佳方式處理類似問題，期能提出具體有效之改善策略並應用至國內各自來水淨水處理，以符合環保法規規定。

貳、研習行程

研習期間為自 103 年 9 月 12 日至 103 年 9 月 26 日共計 15 日（含例假日）。研習行程如表 1 所示。

表 1 研習行程

日期及時間 (Visiting Time)	訓練進修地點 (Location)	訓練進修機構及訪談對象 (Institutions & Persons to be visited)	訓練進修目的及討論主題 (Topics for Discussion)
9/12~13 2014	台北→巴黎 Taipei to Paris	往程 Set out 參觀巴黎自來水水館(一) Visit the Eau de Paris Le Pavillon de l'eau 【註】 1. 因 9/15~16 行程確認因故無法參觀，爰調整 9/13 參觀巴黎自來水水館舉辦之地下蓄水池參觀活動 2. 研習期間適逢法國預計加入空襲伊拉克，其境內伊斯蘭國恐怖組織(IS)激進派宣稱將發動恐怖報復行動，爰威立雅水務公司以考量國家安全為由謝絕所有外賓參訪。	抵達法國巴黎 Arrive Paris, France 確認下週研習參訪行程細節 Confirm all the details of the coming visits on next week 了解巴黎自來水地下蓄水池興建歷史由來 Realizing of the reservoir de Montsouris of the eau of Paris
9/14 2014	巴黎 Paris	巴黎下水道博物館 Visit the Musée des égouts de Paris	了解巴黎下水道和污水處理歷史文化 Realizing of the cultural and historical relics of the sewer and eau of Paris.
9/15~16 2014	巴黎 Paris	1. 參觀巴黎自來水水館(二) Visit the Eau de Paris Le Pavillon de l'eau 【註】	1. 了解巴黎自來水的歷史文物 Realizing of the historical relics of the eau of Paris

		<p>1. 因 9/15~16 行程確認因故無法參觀，爰調整 9/15 參觀巴黎自來水水館</p> <p>2. 研習期間適逢法國預計加入空襲伊拉克，其境內伊斯蘭國恐怖組織(IS)激進派宣稱將發動恐怖報復行動，爰威立雅水務公司以考量國家安全為由謝絕所有外賓參訪。</p> <p>2. 參訪 phytoresource 技術顧問公司 Visit the phytoresource filtering gardens technique company 接待人員： 公司負責人 Mr. Thierry JACQUET (President)</p> <p>【註】</p> <p>1. 因 9/15~16 行程確認因故無法參觀，爰調整 9/16 參訪 phytoresource 技術顧問公司</p> <p>2. 研習期間適逢法國預計加入空襲伊拉克，其境內伊斯蘭國恐怖組織(IS)激進派宣稱將發動恐怖報復行動，爰威立雅水務公司以考量國家安全為由謝絕所有外賓參訪。</p>	<p>2. 先進淨、廢水處理設備及技術 Advanced water and wastewater treatment equipment and technology</p> <p>3. 「過濾花園」淨水專利技術之研發過程介紹及操作維護管理說明 Introduce the patent of water treatment about filtering gardens and explain how to operate and manager</p> <p>4. 實場實績應用 full-scale application</p>
9/17 2014	巴黎 Paris	<p>1. 蘇伊士 Degrémont 公司 Visit the Suez- Degrémont company 接待人員： Mr. Jean Marc Langard (Marketing Director Asia)</p>	<p>1. 先進淨水處理設備及技術 Advanced water treatment equipment and technology</p> <p>2. 污水處理廠建置情形探討 Waste Water treatment plant installation</p> <p>3. 線上自動連續監測技術與雲</p>

		<p>2. Morsang sur Seine 高級淨水處理場參觀。</p> <p>Visit the Morsang sur Seine Drinkng Water Treatment Plant</p> <p>接待人員： 亞洲市場公關經理 Mr. Jean Marc Langard (Marketing Director Asia)</p> <p>廠務工程師(南區副主任) Mr. Fabien BRAULT (Adjoint Chef d' usine-Zone sud)</p>	<p>端系統整合</p> <p>Automatic continuous online monitoring technology and cloud-based integration</p>
9/18~19 2014	巴黎 Paris	<p>1. 參訪 Saint maur des Fossés 淨水場</p> <p>Visit the Saint maur des Fossés Drinkng Water Treatment Plant</p> <p>接待人員： Hach-Lange 法國銷售總監 Mr. Frédéric SOUMET (Lab sales manager France)</p> <p>淨水場廠長 Ms. Francoise Heuillard (Drinking Water plant director)</p> <p>2. 參訪 Annet sur Marne 淨水場</p> <p>Visit the Annet sur Marne Drinkng Water Treatment Plant</p> <p>接待人員： Hach-Lange 法國銷售總監 Mr. Frédéric SOUMET (Lab sales manager</p>	<p>1.先進淨水處理設備及技術 Advanced water treatment equipment and technology</p> <p>2.實場實績應用介紹 Full-scale application</p> <p>3.自來水事業永續發展情形 Sustainable development of Water Supply Business</p> <p>4.水質監測技術及水質檢驗管理研討 Study of water quality monitoring technology and examine management</p> <p>5.了解 Hach-Lange 水質監、檢測儀器公司 Realizing of Hach-Lange instrument company</p>

		<p>France) 淨水場廠長 Mr. Eric Cablan (Drinking Water plant director)</p> <p>3. 參訪 Montry 淨水場 (Saur 所屬) Visit the Montry Drinkng Water Treatment Plant 接待人員： Hach-Lange 法國銷售總監 Mr. Frédéric SOUMET (Lab sales manager France) 淨水場操作員 Mr. Maire</p> <p>4. 參訪 Hach-Lange 儀器公司 法國銷售總部 Visit the Hach-Lange instrument company (France) 接待人員： Hach-Lange 法國銷售總監 Mr. Frédéric SOUMET (Lab sales manager France)</p>	
9/20~21 2014	巴黎 Paris	<p>假日（資料整理） Holiday(deal with data)</p>	<p>假日（編輯報告）訪談準備 Holiday(edit report) Preparation of coming visits</p>
9/22 2014	里昂 Lyon	<p>1. 參觀 Axel' one 化學與環境 協同創新研究平台 Visit the Axel' one plateforme 接待人員： Hemera 儀器商老闆 Mr. Rachid Mouflih</p>	<p>當日驅車前往里昂 Departure to Lyon 1.先進淨水處理設備及技術 Advanced water treatment equipment and</p>

		<p>(Managing Director)</p> <p>2. 拜訪 INEVO 伊尼沃化工技術顧問公司 Visit the INEVO Technologies 接待人員： Hemera 儀器商老闆 Mr. Rachid Mouflih (Managing Director) INEVO 創辦人 Mr. Anthony RUIZ (Directeur Fondateur)</p> <p>3. 拜訪 BMES 高級氧化處理淨水設備製造商 Visit the BMES 接待人員： Hemera 儀器商老闆 Mr. Rachid Mouflih (Managing Director) BMES 老闆 Mr. Didier CHAVANON (President/CEO)</p>	<p>technology</p> <p>2. 淨水處理廠建置情形探討 Water treatment plant installation</p> <p>3. 線上自動連續監測技術與雲端系統整合 Automatic continuous online monitoring technology and cloud-based integration</p> <p>4. 水質監測技術及水質檢驗管理研討 Study of water quality monitoring technology and examine management</p> <p>5. 了解 Axel' one 化學與環境協同創新研究平台 Realizing of Axel' one</p>
9/23~24 2014	里昂 ↔ 格勒諾伯 (Lyon ↔ Grenoble) 里昂→巴黎 Lyon→Paris	<p>1. 參訪 Hemera 監、檢測儀器公司 Visit the Hemera instrument company 接待人員： Hemera 儀器商老闆 Mr. Rachid Mouflih (Managing Director) Hemera 亞洲銷售助理 Ms. Lisa Qianru (Asian Sales Assistant)</p> <p>2. 參訪 Grand Lyon 轄內所屬污水處理場 Visit Grand Lyon - Direction de l'eau-Service Exploitation Réseaux 接待人員： Hemera 儀器商老闆 Mr. Rachid Mouflih</p>	<p>9/23 當日往返里昂、格勒諾伯 9/24 里昂返回巴黎留宿 Lyon、Grenoble back and forth</p> <p>1. 先進淨、廢水處理設備及技術 Advanced water and wastewater treatment equipment and technology</p> <p>2. 污水處理廠建置情形探討 Waste Water treatment plant installation</p> <p>3. 水質監測技術及水質檢驗管理研討 Study of water quality monitoring technology and examine management</p>

		(Managing Director) Pierre-Bénite 污水處理 場廠長 Ms. Baudoin Christelle	4. 實場實績應用介紹 Full-scale application 5. 了解 Hemera 水質監、檢測 儀器公司 Realizing of Hemera instrument company
9/25	巴黎 Paris	蘇爾 Saur 水務公司及所屬淨、 廢水場 Visit Saur company and water purification plant and wastewater plant 接待人員： Mr. Jean-Phillippe Le Merrer 1. Mareil sur Mauldre 淨水 處理場 Visit the Mareil sur Mauldre Drinking Water Treatment Plant 2. Boissy Sans Avoir 廢水 場 Visit Boissy Sans Avoir wasterwater treatment plant 3. Maurepas 廢水場 Visit Maurepas wasterwater treatment plant 4. Beynes 廢水場 Visit Beynes wasterwater treatment plant	1. 了解蘇爾 Saur 水務公司 Realizing of Saur company 2. 混凝劑使用氯化鐵之淨、廢 水場實場觀摩 Visit the water purification Plant of used FeCl ₃ for Coagulant 3. 先進淨、廢水處理設備及技 術 Advanced water and wastewater treatment equipment and technology
9/26~27 2014	巴黎→台北 Paris to Taipei	返程 Come back	搭機返回台北 Return Taipei, Taiwan

參、研習過程

一、造訪巴黎

9/13 日上午抵達法國巴黎戴高樂機場，由於是職初次因公務出國研習參訪亦為第一次自行安排規劃整個公務行程，在人生地不熟初抵外地，心中難免忐忑不安，通關後趕緊提領行李，很幸運地馬上與約定的房東太太(亦為自費口譯)見面會合，隨即驅車前往下榻短租套房，稍作安置整頓後，旋即聯絡並確認下周研習參訪行程細節是否照原定安排進行，惟天有不測風雲，9/15~16 原定參訪威立雅(Veolia)總部及其所屬環境研究暨创新中心之儀表系統技術部門-廢水研究中心與 Saint Thibault les vignes 鎮淨水場行程，因適逢法國總統宣布預計加入空襲伊拉克，其境內伊斯蘭國恐怖組織(IS)激進派宣稱將對法發動恐怖報復行動，愛威立雅水務公司為避免飲用水遭受恐怖份子趁隙滲透下毒危害法國人民，以考量國家安全為由，謝絕所有外賓參訪，經職與口譯及此次代為安排研習行程之國外儀器代理商聯絡窗口共同商討後，初步調整修列幾個替代方案，微調了參訪研習行程，詳如表 1。這一堂重重的震撼教育，頓時在我心中不斷的默默祈禱，希望未來幾天的行程能順利進行，不要再有變卦。

二、參觀巴黎自來水水館(Eau de Paris- Montsouris réservoir)(一)

因 9/15~16 行程確認因故無法參觀，爰調整為巴黎自來水水館所舉辦之地下蓄水池參觀活動。惟到達展場現場始得知入場參觀需事先透過網路於網上登記並親自憑登記紀錄文件至現場排隊方可入園，爰將場外所陳列之簡介海報、地下蓄水池工程設計圖拍攝記錄下來(如圖 1)，並委請口譯代為說明講解。

這座地下蓄水池稱為蒙蘇里水庫，1868~1873 由法國土木工程師 Eugène Belgrand 提出興建並監督，於 1874 年建造完成，主要功能為儲備飲用水源，供水範圍為南巴黎區域，該建築分為兩層，分為四個空間(兩上兩下)，每一個空間長 127m,寬 254m，共有 1800 柱子支撐，其各部分相通，頂部由拱形設計，拱頂高度 7m，下層空間當蓄水位達 4.2m 時，相當於最大供水量可達 63,000m³，上層空間當蓄水位達 2.5m 時，相當於最大供水量可達 38,500m³，佔地面積規模 60,000m²，整體完整蓄滿水量最大可達 200,000m³，可供巴黎之 1/5(約 44 萬)人口使用，該水庫迄今已使用 140 年，並仍持續運作中，可見其法國對其貯水設施的操作維護非常重視且確實，而當今台灣降雨時空分配不均、水資源匱乏、雨水儲存不易的環境下，建議宜當作規劃建造地下水庫實績參考借鏡。其他相關參觀照片如圖 1。



職與展場外飲水台合照



展場外飲水台(巴黎境內設置了許多飲水台供民眾使用，非常便利)

eau de Paris

L'eau de Paris est équilibrée et bonne pour tous

Minéralisation moyenne

Calcium :	90 mg/l	Bicarbonates :	250 mg/l
Sulfates :	30 mg/l	Sodium :	10 mg/l
Chlorures :	20 mg/l	Potassium :	0,2 mg/l
Magnésium :	6 mg/l	Fluor :	0,7 mg/l

飲水台所檢測分析的水質項目及數據(屬礦物質含量-中等)



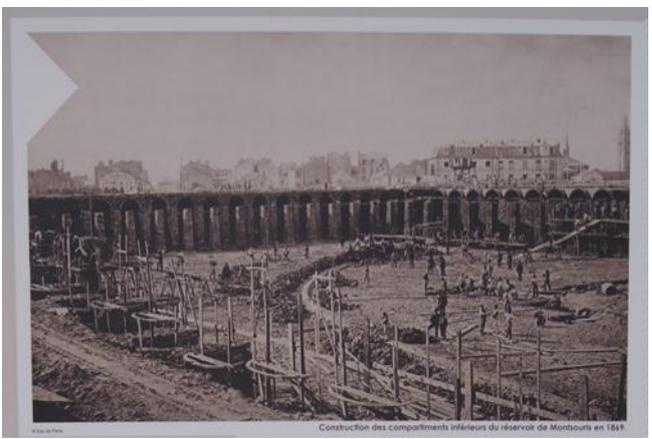
開放參觀日街道上大排長龍的民眾



場內大排長龍的民眾



門口大排長龍的民眾



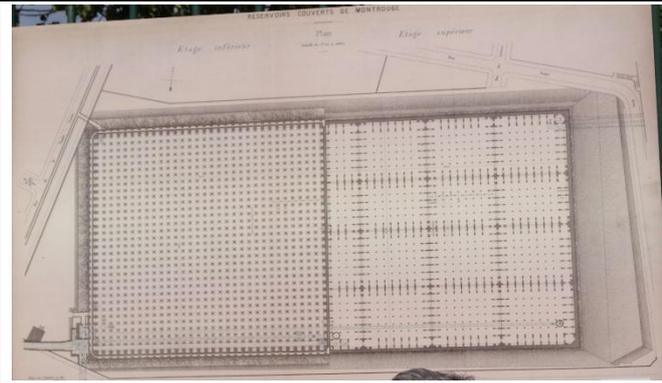
地下蓄水池(庫)初建時之整地工地



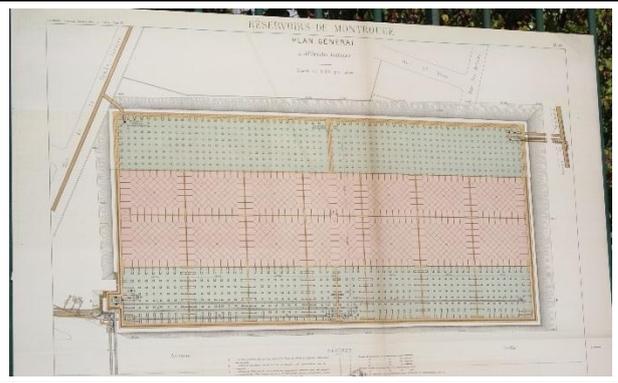
地下蓄水池(庫)蓄水實景(翻拍海報)



進入地下蓄水池(庫)地下通道



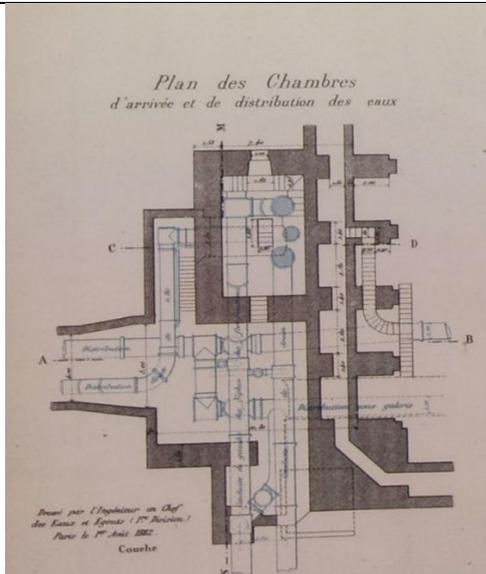
地下蓄水池(庫) 俯視草圖



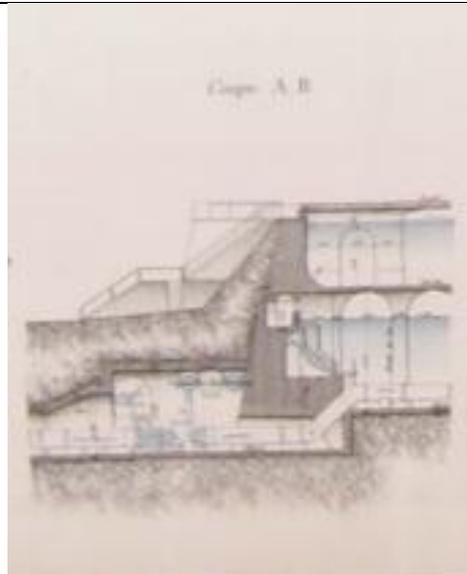
地下蓄水池(庫)不同高程下俯視全圖



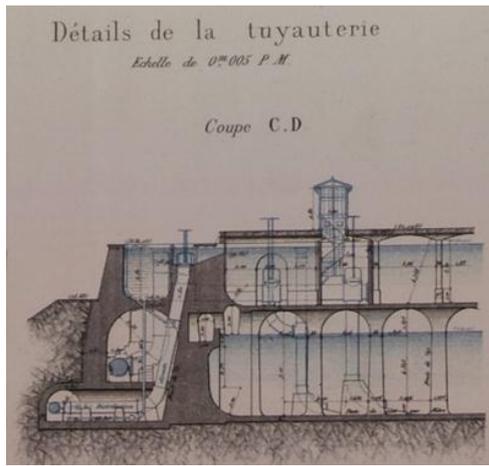
地下蓄水池(庫)前方橫切面圖(上方)；地下蓄水池(庫)側面剖視圖(下方)



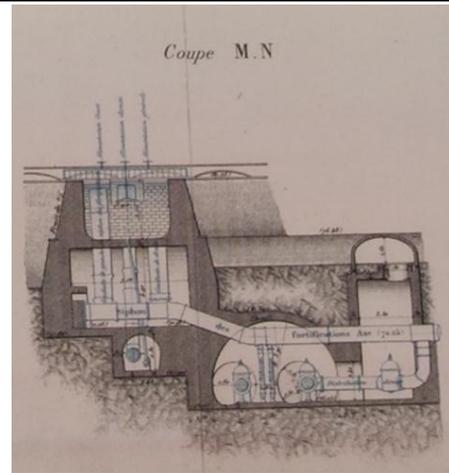
地下蓄水池(庫)配水管線室內設計圖



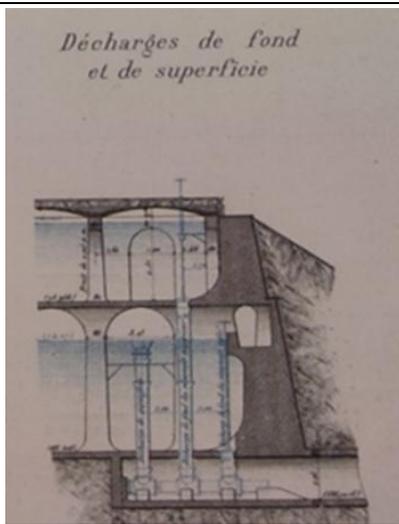
地下蓄水池(庫)管線細部設計圖 A、B 剖面段



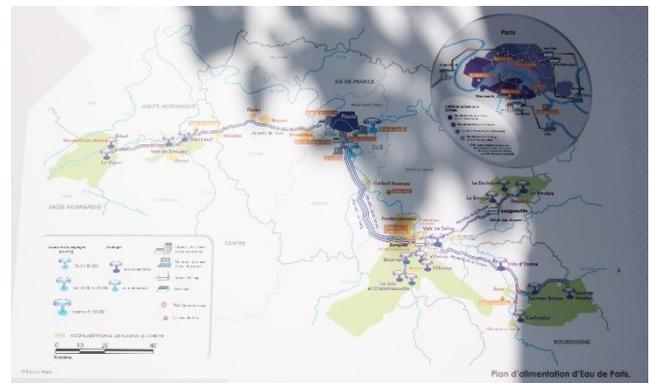
地下蓄水池(庫)管線細部設計圖 C、D 剖面段



地下蓄水池(庫)管線細部設計圖 M、N 剖面段



地下蓄水池(庫)蓄水區及擋土牆剖視圖



法國境內供配水管網、場站分佈圖



陳列簡介海報(一)



陳列簡介海報(二)

圖 1 巴黎自來水水館所舉辦之地下蓄水池參觀活動照片紀錄

三、參觀巴黎下水道博物館(Musée des égouts de Paris)

為因應多數民眾想瞭解洗手台或廚房水槽下方內的水排空後及雨水匯流至排水道後，後續的水處理發生了甚麼事，於是政府於巴黎地表下 5 公尺一個陰暗隱密處建起了一座讓廣大的巴黎市民能夠參觀、認識巴黎下水道這座猶如城中城般廣大的交織綿密網之巴黎下水道博物館。該館為世界上唯一的下水道博物館(完建距今已超過一百年)，爰一如往常吸引了非常多好奇與聞名而來的遊客，在此可透過 500 公尺的長廊海報與文物介紹，初步了解總長為 2,400 公里的污水下水道管網之巴黎淨、廢水處理之歷史與用水文化。甚至有時幸運的話，還能遇到由污水下水道工人擔任導覽員依本身日常工作的經驗提供專業的知識講解，惟因職參觀時未巧錯過場館提供導覽服務的時間，爰自費聘請口譯自行依導覽指示方向參觀。

巴黎污水下水道與博物館歷史大事紀整理如下表(如表 2)：

表 2 巴黎污水下水道與博物館歷史大事紀

時間(西元)	紀錄事件
1867 年	塞納河區長奧斯曼公爵於世界展覽會的場合宣布，針對都市污水處理的問題，用最佳可能處理的方式解決的巴黎人，給予高額工作報酬。短期內，污水下水道從那時期成功興建並自此蔚為風潮
1892~1920 年	在數場參觀下水道的活動後進一步的擴建。 期間在每個月的最後周六皆會舉辦搭工作車遊主要的賽瓦斯托波爾下水道等參觀活動。
1920~1975 年	在參觀下水道的活動後進一步推動環狀迴路擴建。 由於搭船遊主要的 Asnieres 下水道後，發現需要大量的員工，因為參觀者比船位數量多出許多，於是考量便於未來參觀，促進環狀與中繼站下水道管網興建。

1975~1989 年	在 1975 年後，參觀下水道活動已越來越靠近 Pont de l'Alma 塞納河左岸，於是這個位址於 1989 年更進一步現代化擴大整修成地下參觀博物館。目前一直沿用至今。
-------------	--

在博物館營運管理方面，參觀者的安全為博物館的管理者視為最優先且重視的方向，污水下水道這個大眾場所，開放式的環境存在著高潮濕、危害健康的氣體、臭味及在風暴之後所造成洪流的風險，難以接近、工作、干擾操作等，但巴黎市政府(博物館管理者)卻能將它營造著適合參觀(無明顯異臭味)而且不用穿著特殊裝備就可近距離地接近下水道實屬不易，可見巴黎市政府當局的用心，而這座世界上指標性的參觀場所，平均每年有 90,000 個訪客來此瞭解巴黎複雜的污水下水道管網系統。

該館是一個非常適合環境教育的場所，提供很多訊息及具備許多科學的方法用來檢視大城市經營管理成效，舉凡都市計畫、歷史、自來水供水、污水處理等，也喚起現在跟環境有關的各種議題，因此統計所有參觀者中有約占 10%是學校老師帶來戶外教學參觀的孩童，參觀者可由場內展館所提供的許多多元化資訊(如海報、版畫、模型、照片等)了解，且這些資訊亦被翻譯成許多語言，另外，在 19 世紀使用的下水道相關設備及工具亦陳列於展館中，能讓所有的參觀者發掘或提出一些下水道作業專業的問題讓導覽員為您回應。

參觀結束後，還可到距出口處附近一處具有全景螢幕的房間觀賞紀錄片，彷彿又讓參觀者再次掉進聲光俱佳在下水道一隅工作的氛圍之中。其他相關參觀照片如圖 2。



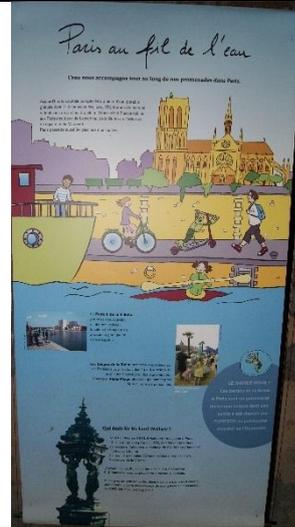
巴黎下水道博物館入口處



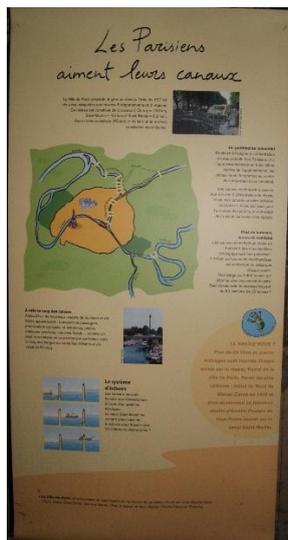
巴黎下水道及污水處理與民生關係說明
(自費聘請口譯說明導覽)



敘明水資源的重要性



巴黎居民與水的關連



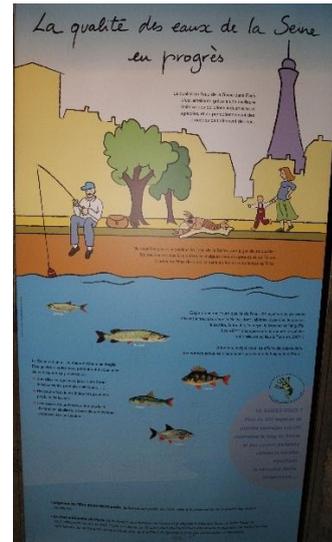
巴黎居民充分運用河渠運輸



巴黎境內四座湖泊蓄水庫調節水源



水價分析(處理及配送、污水處理放流、税金)



塞納河因水質改善後提升河中魚種多樣性



污水處理單元流程圖



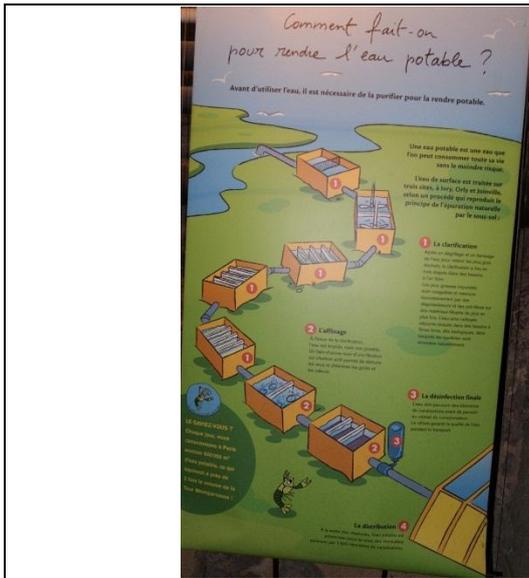
法國採雨、污水合流式下水道，其中下水道內亦含飲用水輸送管線



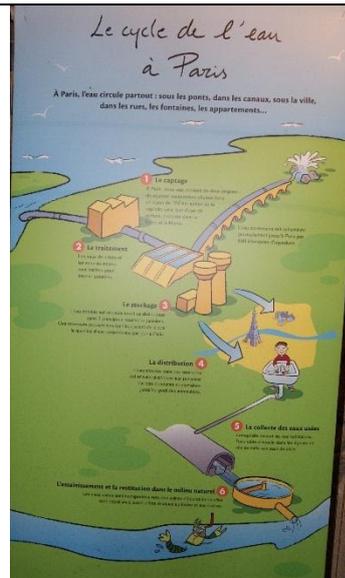
巴黎居民每天用水分析(每人用水量=120 lpcd)



法國自來水通過嚴格檢驗屬優質可飲用



自來水淨水處理單元流程圖



日常生活用水循環圖



自然界水循環圖



下水道中輸送飲用水管線



下水道工作作業員服裝與擺設圍籬



工人進行下水道清淤作業之穿著裝備



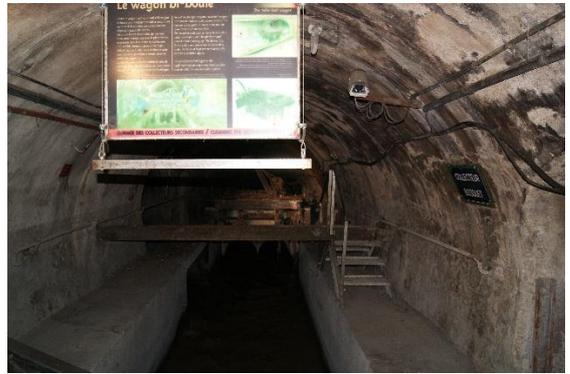
水處理(含淨、廢水)單元流程圖



下水道污水收集匯流處



下水道清淤設備



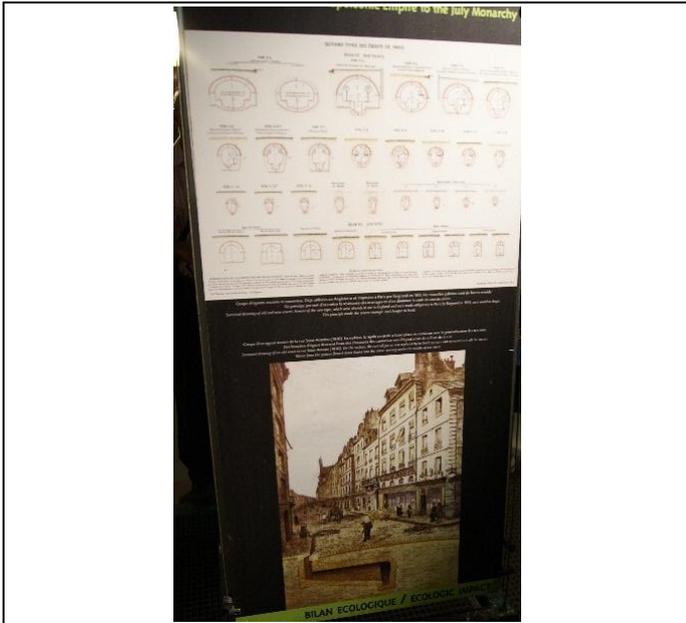
下水道清淤管道



下水道建造歷史演變



污水調節輸送管道



各式各樣造型之下水道設計圖



馬蹄型下水道模擬清淤作業橫剖面



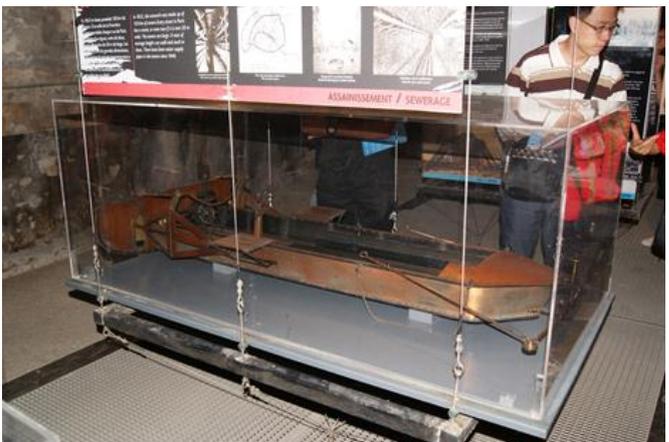
馬蹄型下水道模擬清淤作業俯視透視圖



清淤作業車



木製球箆模型



清淤作業船



對法國水處理工程影響甚鉅的土木工程師 Eugène Belgrand 紀念雕像



Eugène Belgrand 特殊貢獻事蹟簡介



全副武裝、配備完善之工人施作下水道清淤作業



污水下水道古、今建造演變



污水下水道中雨水收集管線



輸水馬達加壓站



各式各樣球筏，可用於增加流速或截斷水流



職與巨型鐵製球筏合影



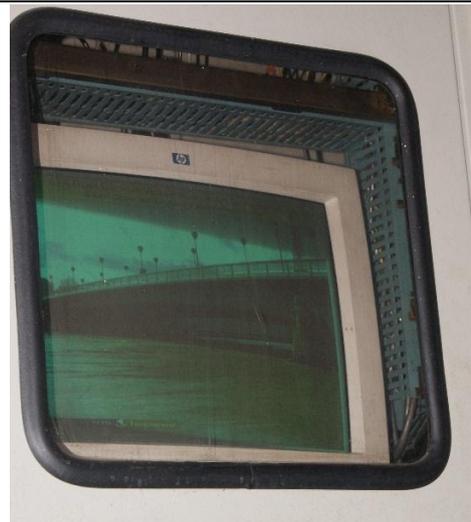
污水線上水質監測儀器系統



污水線上水質監測儀器配置



數據分析介面顯示(pH、電導度、氨氮、溫度)



污水放流至塞納河之 CCTV 影像



法國境內及巴黎下水道工程管線分布圖



職與飲水台(噴泉)合影



環境優美的塞納河河畔風光

圖 2 巴黎下水道博物館參觀照片紀錄

三、參觀巴黎自來水水館(Eau de Paris service- Pavillon de l'eau)(二)

巴黎自來水水館(或稱巴黎自來水博物館)位於巴黎市西邊塞納河左岸,由巴黎自來水公司所附設,館內提供自來水生命週期(水源、生產處理、分配之用戶端)整個完整的介紹、自來水發展歷史、自來水產業相關配備展示(如水錶、水管、水龍頭)、自來水水質分析、水價組成等,可讓參觀民眾清楚了解巴黎自來水產業,並提高對自來水的認識,所使用的每一滴水都是經過多道複雜的程序並經過嚴格的檢驗分析才提供給用戶,實屬不易,因此自來水並不是取之不盡,用之不竭,愛水館亦提倡並宣導民眾節約用水。另外為強調水資源的重要性,巴黎自來水水館亦定期進行與水相關的特展與活動,本期特展為「火星上水足跡」,活動為「蒙蘇里水庫(Montsouris reservoir)」地下蓄水池開放參觀導覽。

巴黎自來水公司最引以為傲且非常有信心的就是處理過後的清水可生飲(毋須進一步煮沸),因為經過多道高科技淨水處理程序與多項水質項目分析且採集水樣分析頻率高(平均一年分析 50,000 個樣品),數據均符合歐盟及法國法規之飲用水水質標準,另外管線亦有定期汰換與清潔維護保養,故巴黎自來水公司亦時常宣導民眾可直接飲用自來水毋須再多花費購買市售礦泉水或氣泡水,因為自來水水中的水質成分已設定為較均衡,對水分占人體身體組成 70%來說,飲用自來水對於人體較為健康合適(礦泉水除掉了一些微量對身體有益的物質,氣泡水只是增加口感且水質酸鹼值偏酸性)。其他相關參觀照片如圖 3。

巴黎自來水歷史大事紀整理如下表(如表 3)：

表 3 巴黎自來水歷史大事紀

時間(西元)	紀錄事件
1250 年	自行挑水取用
1608 年	興建引水渠道(下水道工程)
1835 年	在蒙馬特興建第一個水塔
1845 年	興建第一個最大蓄水池(1030m ³)
1875 年	盤點出巴黎有 30,042 井,遺留至今只剩下 400 個井
1894 年	頒訂法令明令限制禁止巴黎人將廢(污)水直接倒入塞納河
1896 年	第一個淨水處理場成立,利用慢濾處理法

1919 年	Belleville 最高點設置最大加壓水塔
1933 年	開始利用生物方法淨化廢(污)水
1964 年	200,000m ³ 淨水處理場成立
1969 年	開始利用快濾池處理
1970 年	開始引進電子控制系統
1985 年	開始委託 2 家民間機構分別對塞納河左右岸管理 25 年
1987 年	水質監督機制與機構成立
1987 年	供水調配調度系統分三期計畫分階段執行建立
1992 年	
1997 年	



自來水水館門口(一)



自來水水館門口(二)



洽詢館內服務人員參觀指引



館內飲水台可供生飲



職與法國水處理傑出貢獻工程師紀念雕像合影



自來水通過嚴格檢驗 100%可生飲



巴黎自來水歷史演變大事紀解說(右為自費聘請口譯導覽說明)



自來水處理程序模型展示



自來水淨水場各處理單元
(高級處理幾乎為法國各淨水場內基本配備)



各式水龍頭與水錶的進化演變



進入下水道工作必備防水工作鞋



古代輸送配水水管

MINÉRAUX mg/l	Limites et références de qualité*	L'eau de Paris
Calcium	-	90
Magnésium	-	06
Sodium	200	10
Potassium	12	02
Bicarbonates	-	220
Sulfates	250	30
Chlorures	250	20
Nitrates	50	29
Fluor	1,5	0,17
Minéralisation totale, extrait à sec à 180 °C		420

巴黎飲用水水質數據(左為法規值與建議值；右為檢測分析平均值)



館內提供免費氣泡水飲用
(增添口感，風味更佳)



館內現場製造氣泡水飲水機台
(高壓灌入 CO₂ 形成無味碳酸水)

圖 3 巴黎自來水水館參觀照片紀錄

四、參訪 phytorestore 技術顧問公司

1. 公司簡介

法國瀘園環境工程有限公司(Phytorestore)創建於 20 年前，作為過瀘花園®的全球專利以及註冊商標擁有者，在植物修復技術的研究以及實施方面位於歐洲前列。過瀘花園®是一種污染處理(廢水、廢土、廢氣)技術，基於植物修復調節原則之上，以綠地的形式對污染進行有效處理，甚至達到污染物零排放標準。過瀘花園®以園林的外觀，通過植物修復技術，對受到污染的水、空氣以及土壤進行淨化處理。過瀘花園®以低廉的投資運行及管理費用，在生態和景觀兩方面提供了全新概念的污染解決之道。公司在一批頂尖的生態學家、水利學家、化學家、土壤學家、植物學家、園林設計師以及建築工程師的努力下，在景觀與生態兩方面對地球寶貴的自然資源進行雙重修復和更新。

2. 專利技術介紹—過瀘花園®

過瀘花園®建立在由水和不同地層(矽礫土、沙子等)構成的生態系統上，綜合利用了植物的一系列功能，包括大型植物區、水生植物、微生物及各種地層的天然過瀘能力。由於該公司集合了一批頂尖的科學家(兩位美國加州伯克立大學的教授)、生態學家、園藝造景專家以及建築工程師，過瀘花園®得以兼具視覺以及功能上強大優勢，並遵循七大原則：

(1) 效果原則(符合法規原則)

過瀘花園®可以保證各種排放物處理達到法定的標準，甚至實現零排放。

(2) 景觀原則(環境美化原則)

每個過瀘花園®都是經過量身訂做獨一無二的園林景觀。如有需要，其中可以設計教學路線，以便公眾參觀並普及環境教育。

(3) 生物多樣性原則

過瀘花園®重建當地的自然生態圈，成為動植物的保護區。模擬純天然

的生態環境，為各類動植物提供了良好的生存環境。

(4) 經濟原則

工程主要包括土方以及種植，建造和養護方法便捷，成本低廉，幾乎無維護費用。

(5) 管理原則

本公司提供對過濾花園®的操作維護服務。如有需要，還可以對業主的管理人員進行培訓。

(6) 處理原則

培土工程簡單，不需使用混凝土。

(7) 客製化原則

根據污染情況、毒性值、土質和離子交換作用以及生態總量，針對不同的工地建立不同的大小，不同功能的過濾花園®。

3. 針對處理污水、雨水、污泥技術說明

(1) 處理污水的過濾花園®

A. 原理

建立在一個綜合的生態系統之上，利用溼地自然生態系統中的物理、化學、生物的多重作用，通過植物修復、降解、吸收、過濾、截留、吸附、離子交換、微生物分解等，實現對污水的有效淨化。經過一道篩濾的前處理程序後，污水先通過垂直過濾系統，然後進入水平過濾系統。經過上述程序後，污水中的有機污染物、病菌將被去除。同時，不同生物種群使得各種動物得以在此棲息安家，生物鏈得到修復。在水體排放之前，還可以通過一道「短伐林」工序，在這裡通過植物的蒸散作用，部分或全部水體得到蒸發，剩下的則滲入地下(詳如圖 4)。

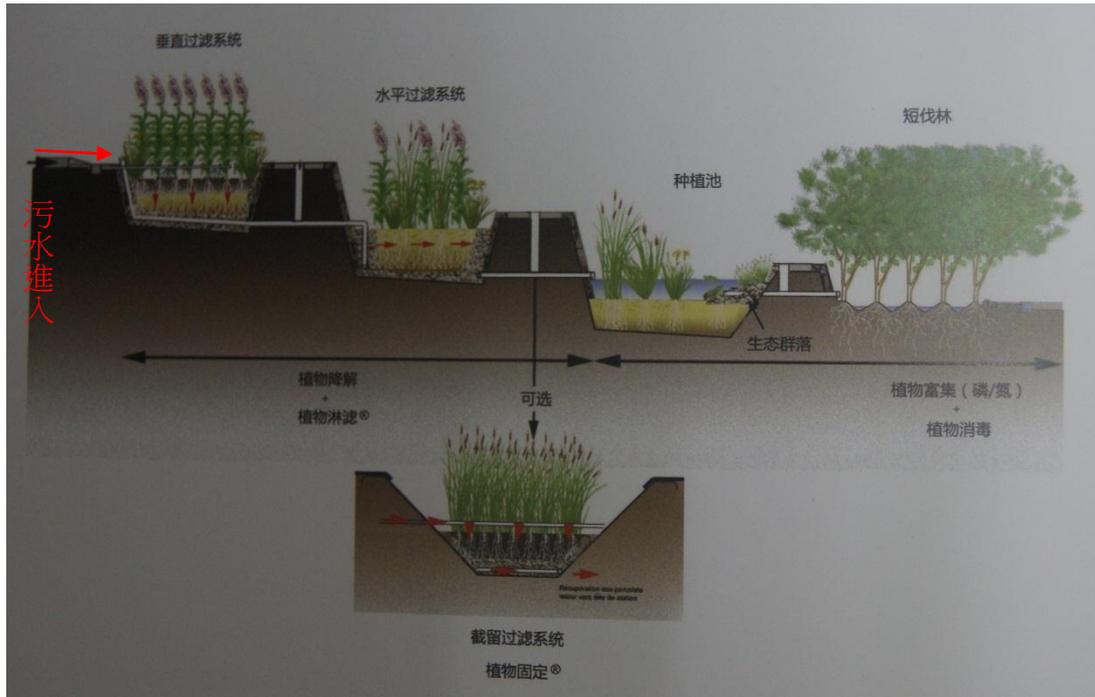


圖 4 過濾花園®處理污水示意圖

B. 功效

過濾花園®使得排放物(包括工業及生活污水)經處理後達到法規標準。如有必要，過濾花園®可用來保證零排放。尤其對於那些以傳統方式幾乎無法處理的新興污染物(如避孕藥、各種抗生素、醫藥等)，過濾花園®卻可將它們降解。在寒冷的冬季，整個生態圈的新陳代謝減慢，但是植物根系以及微生物仍然是生機勃勃，過濾作用幾乎不受影響。過濾花園®中的不同生物種群使得各種生物得以在此棲息安家，例如各種鳥類、蛙類及昆蟲。淨化之後的水可以澆灌整個過濾園以及作為景觀用水，水質永久保持清澈潔淨。

C. 植物的選擇

選用植物的標準：1. 對生長環境的各種變化的強適應能力(旱、澇、土壤的酸鹼度等)。2. 根系輸送氧氣的能力。3. 對不同種類污染物的抵抗能力以及在惡劣條件下的繁殖能力。

植物的種類：選用的都是具有很強過濾作用的植物，例如：燈心草、鳶尾、蘆葦、柳樹等(詳如圖 5)。它們能夠降解或是截留硝酸鹽、

磷酸鹽、細菌、碳氫化合物以及重金屬等。

植物的價值：過濾花園®技術使用的大多數植物並不是用來附集污染物的，而是利用聚集於它們根系周圍的微生物活動，促進植物對污染物的降解，淋濾以及轉化作用。因此，這些植物可以在收割後作為堆肥或是生物量鍋爐的燃料。



圖 5 過濾花園®所選用植物

(2) 處理雨水的過濾花園®：天然泳池

A. 原理

過濾花園®建立在雨水和其他各種底層(矽矾土、砂土)相關的綜合生態系統基礎之上，利用蘆葦、微生物和各種底層的自然淨化功能，將收集的雨水過濾為達到飲用標準的淨水。人們可在此游泳嬉戲(詳如圖 6)。

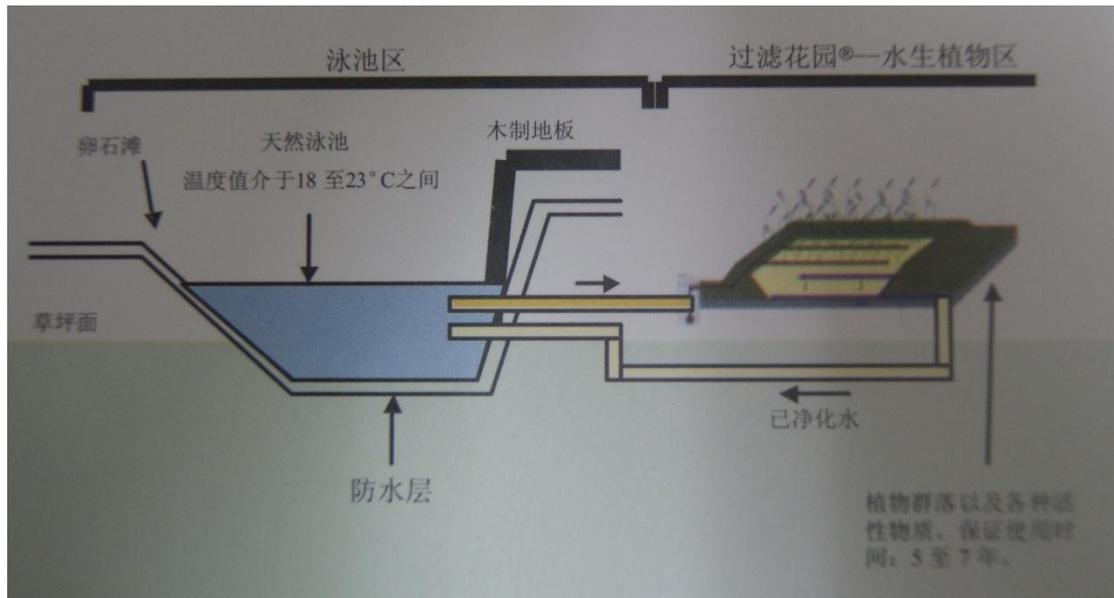


圖 6 天然泳池示意圖

B. 處理方式

傳統泳池的水需要用到化學品淨化，尤其是其中的氯，對人類的皮膚、頭髮和肺部都是有害的，因此在歐洲已經被禁止使用。反之，自然泳池借助水生植物及其他專利技術的自然淨化能力，因此水質清純而健康。

水處理保證達到飲用水的微生物指標：

類大腸桿菌—最大值：100 個/100ml

腸球菌—最大值：50 個/100ml

假單孢菌銅綠菌素—最大值：10 個/100ml

(3) 處理污泥、淤泥及土壤的過濾花園®

A. 原理

過濾花園®組合了不同的生態系統，利用植物根部土壤的多種作用（通風、脫水、固定重金屬和消毒作用）處理城市污泥、污染土壤。

過濾花園®還利用植物、微生物、活性劑和地層的功能自然地吸收、固定各種污染物（詳如圖 7），包括重金屬污染、核污染、有機污染等對於淨化站過濾花園®使污泥脫水、穩定，在灑播前對其進行前

處理。

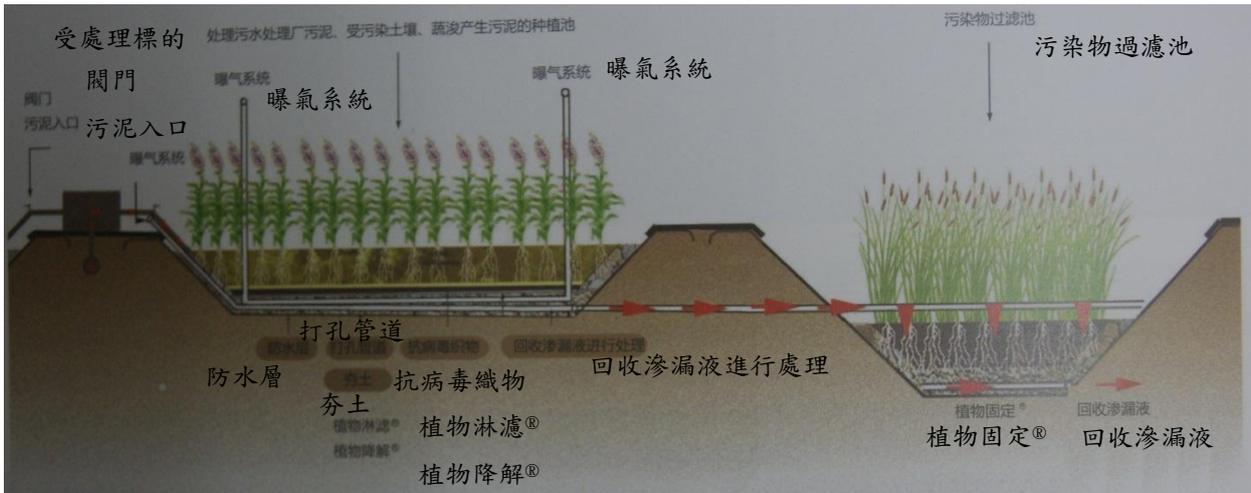


圖 7 過濾花園®處理污泥、淤泥及土壤示意圖

B. 功效

1. 過濾花園®是專門設計的人工生態過濾系統，它處理被埋重金屬等污染的土壤、淨化站排放的污泥和疏濬產生的淤泥，不消耗能源，也無二次汙染。
2. 經過處理的土壤、污泥可以重新當作腐植土用於耕種或園林綠化，變廢為寶、點石成金。
3. “phyto-remediation” 技術對重金屬污染進行截留。(如圖 8)

污染物 (mg/kg)	处理前	经过过滤花园®处理后
锌	1207	116
铜	225	31
铅	31	8
铬	23	11
镍	231	8
硒	11	5
镉	1.7	0.3
汞	0.9	0.02

圖 8 淨化站實例

4. 優勢與實績

相對於傳統的工業處理手段，「過濾花園®」具有美化環境，造價及維護費用低廉，淨化過濾效果極佳等各大優勢(詳如圖 9)。法國各大電視台，包括國家電視台 TF1 以及歐洲各大報刊雜誌，如《費加羅報》、《世界報》等，都曾對該公司及過濾花園®技術進行過專題報導。

5. 經職與公司負責人 Mr.JACQUET 洽談並說明本公司的廢水污泥特性後，Mr.JACQUET 表示基本上這套「過濾花園」專利技術他們已研發 15 年，相當成熟且有信心，目前仍繼續研發創新技術，國內外實績案例不在少數，例如知名皮革(LV、GuGGI)、化粧品(香奈兒)等大廠，亞洲方面唯獨台灣市場尚未開發。又該項技術對於處理本公司廢水廢污技術上絕對可行，甚至希望能處理的污染程度越高越複雜越好，他們越有興趣及成就感，希望未來能有合作的機會。(相關參訪紀錄詳圖 10)



圖 9 過濾花園®過去所承接過的工程案與實績



拜訪 phytoresore 技術顧問公司



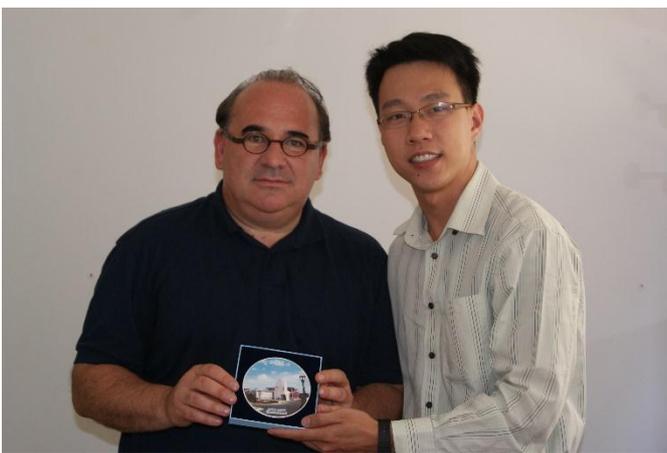
公司負責人 Mr. JACQUET 介紹「過濾花園」專利水處理技術



水處理所使用之各類水生植物



「過濾花園」原理簡介



贈送台水小禮物合影留念



公司負責人受上海政府表彰肯定

圖 10 phytoresore 技術顧問公司參訪照片紀錄

五、參訪蘇伊士 Degrémont 公司(Suez- Degrémont company)轄內所屬 Morsang-Sur-Seine 高級淨水處理場

Morsang-Sur-Seine 淨水場初建於 1970 年，佔地 20 公頃，地理位置位於大巴黎南邊，座落在巴黎都會區上游，該場扮演了一個很重要的監督角色，能有效管理塞納河受污染的風險，又塞納河是主要大巴黎地區生產飲用水主要原水取水水源，因此 Morsang-Sur-Seine 淨水場在南大巴黎地區的蘇伊士環境旗下之里昂水務集團所管理淨水場中堪稱具有指標性的一座高級淨水處理場，該場分三期設置(詳如圖 11)，每期容量均為 7.5 萬 CMD，總共正常出水能力 225,000m³/day(亦為平日 22.5 萬噸)，若連續操作 24 小時則最大出水能力可達 450,000m³/day(亦為每日 45 萬噸)，可透過 3,848 公里長的配水管網幫助提供 145 個行政區使用。該場委由蘇伊士環境旗下之 Degremont 公司設計施工興建並負責後續營運操作。

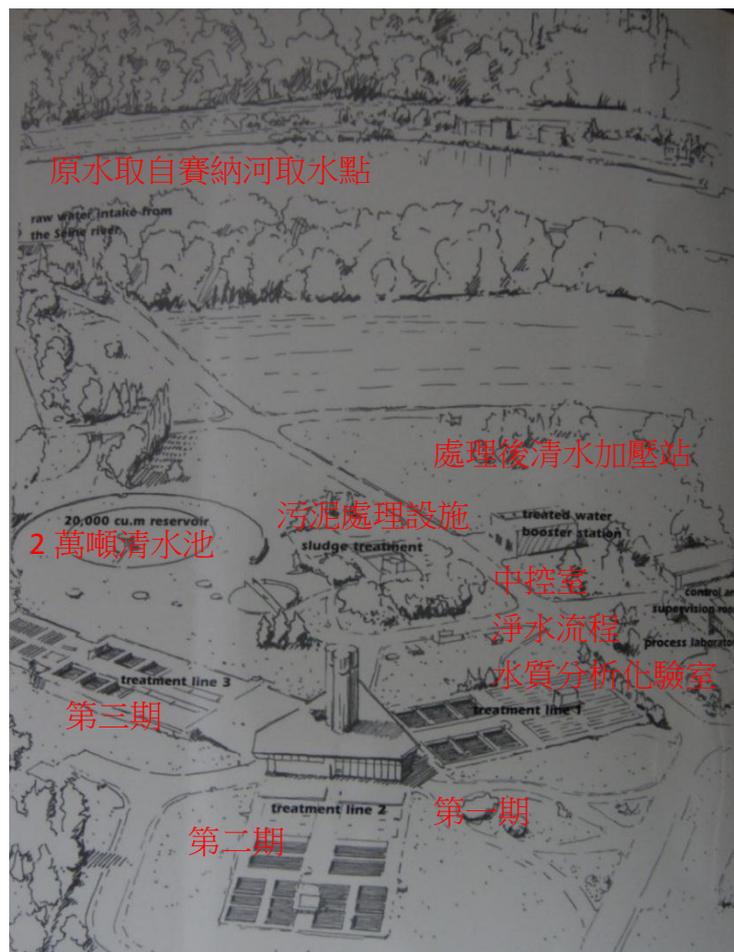


圖 11 Morsang-Sur-Seine 淨水場鳥瞰示意圖

整個大巴黎地區可分成四個部分(Essonne、Val de Marne、Seine et Marne

and Yvelines)人口數加總約有一百萬，由四個主要的淨水場(Morsang-Sur-Seine、Viry-Chatillon、Vigneux-sur-Seine、Aubergenville)負責聯合供應，四個大水場供水均可互相聯合運用，但各自獨立運轉及操作(詳如圖 12)。

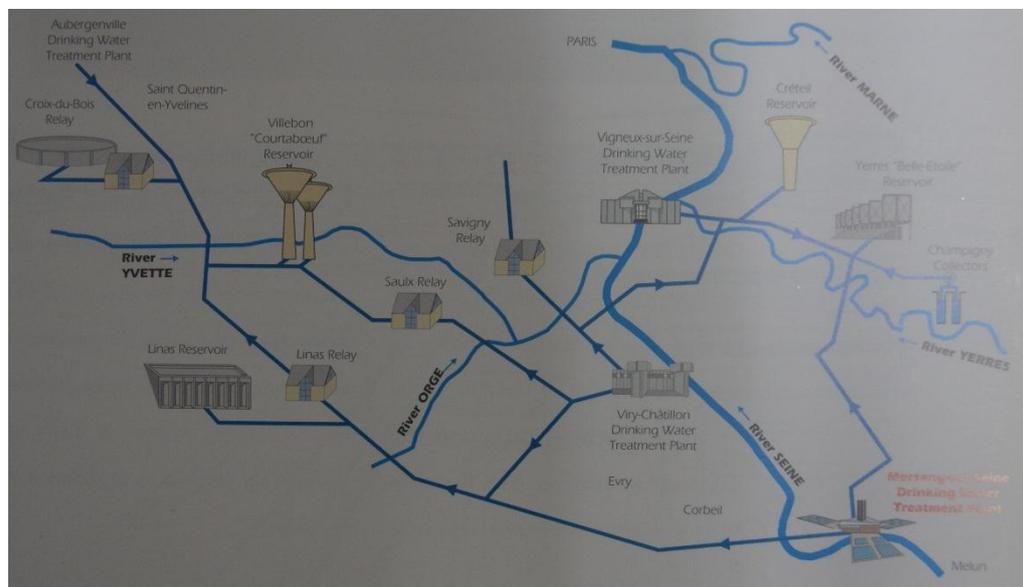


圖 12 大巴黎地區供水示意圖

原水來自塞納河上游，水量非常的豐沛水質大致良好，原水水質主要的問題為農藥、肥料的污染、春天及秋天落葉導致的有機物及濁度過高、夏天的藻類等問題，為此該場使用高科技設備(脈動式膠羽沉澱池、臭氧、活性炭、UV 殺菌等)與有經驗人為操作淨水流程(詳如圖 13)，有效克服上述問題，也確保供水品質能如預期地符合飲用水水質標準。另外，針對飲用水水源水質管理方面，在距離 Morsang-Sur-Seine 淨水場原水取水站上游五公里處設置了原水監測站(Nandy)，安裝了可自動連續監測多達 18 項水質參數，即時將數據回傳中控室，若原水水質有異常狀況，則立即啟動警報告知中控室，而這套水質預警系統管理機制亦同時分設在 Morsang-Sur-Seine 場內中控室及另一處在 Montgeron 的遠端遙控中心。

在水質監測管理方面，所有的資訊(水質參數、水量、用藥量等)皆會從 Morsang 的自動控制器傳輸到位於 Montgeron 南大巴黎區中心的總部，藉由遠端遙控中心的這套 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)資料採集

與監控系統，操作調度員每天可收集許多資訊並隨時(每周 7 日每天 24 小時)調整操作設定與檢查 300 個遠端監測站的操作狀況，假使事故發生，他們能夠馬上提醒告知維護人員或是快速組成一個危機處理小組因應。濁度、pH、加氯及臭氧的相關資訊(加藥量、殘餘量數據與氯及臭氧的藥品品質)均連續分析並監測，另 Morsang 場內亦設有水質分析檢驗室，每周進行超過 80 項分析項次檢驗，主要作為查核比對及調整淨水處理程序之用。(其他相關參訪紀錄詳圖 13)



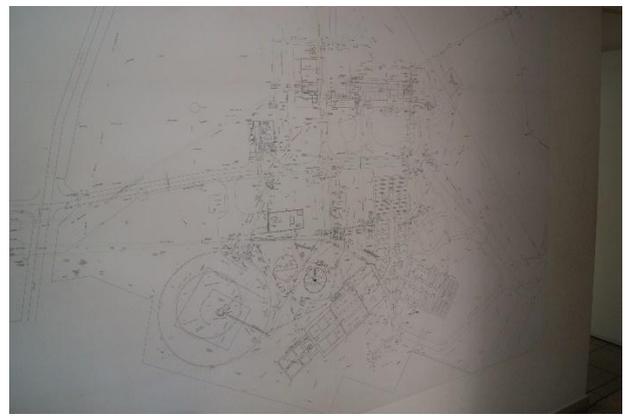
於 Suez- Degrémont company 大門，職與亞洲市場公關經理 Mr. Jean Marc Langard 合影



Morsang-Sur-Seine 高級淨水處理場外觀現代摩登設計



辦公室外環境優美池塘景觀



淨水場設計圖



Suez- Degrémont 亞洲市場公關經理 Mr.JM Langard 與該廠廠務工程師(南區副主任)Mr. BRAULT 敘明職此次參訪目的與研習課題



參觀淨水場現場前職與亞洲市場公關經理 Mr.JM Langard 及廠務工程師(南區副主任)Mr. BRAULT 三人合影



廠務工程師(南區副主任)Mr. BRAULT 解說南巴黎相關供水及其管網分布



取水口(原水水源取自塞納河)



取水閘門與粗攔污柵



廠務工程師 Mr. BRAULT 說明取水時機，展示自動或手動操控取水閘門



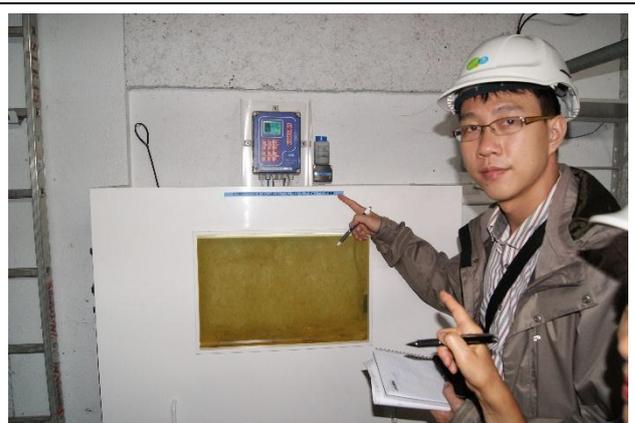
細攔污柵去除雜物



四台大型原水抽水機



藍色桶槽為保護管線與抽水機裝置，避免因突發事故導致原水抽水機重啟所引發之水錘現象



生物養魚箱試驗，原水通過此，藉由觀察生物行為有無異狀，判斷原水是否遭受污染



原水線上水質監測儀器
(檢測項目：NOx、Do、temperature、CHx)



溶氧水溫線上即時監測儀
(單位：O₂ mg/L)



烴(碳氫化物)線上即時監測儀
(單位：ug/L PAH)

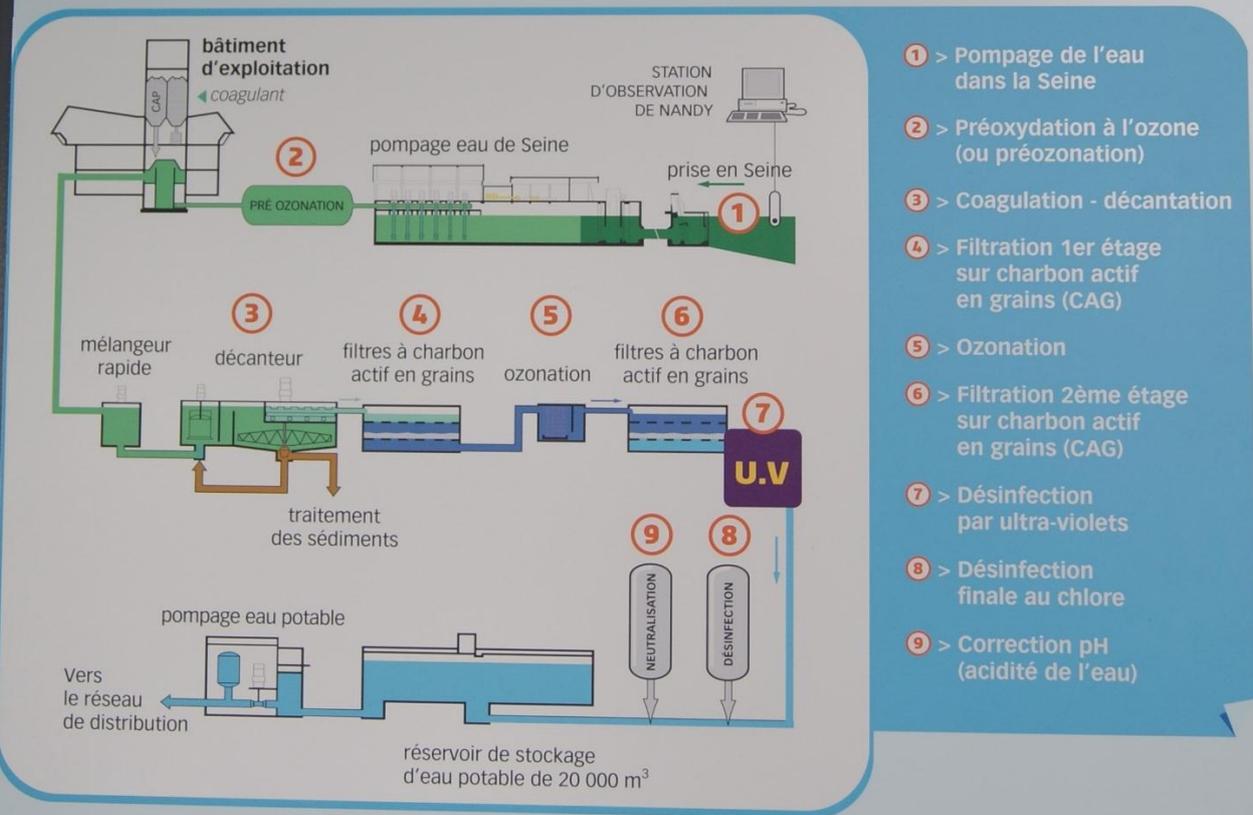


硝酸鹽(Nitrate)線上即時監測儀
(單位：mg/L NOx)



ÉTAPES DU TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE A L'USINE DE MORSANG-SUR-SEINE

L'eau reçoit, tout au long de son parcours, un traitement sophistiqué pour garantir au consommateur une eau de qualité parfaite.



Morsang-Sur-Seine 高級淨水處理場完整淨水程序流程圖

1. 原水取水加壓站(水源取自塞納河)	2. 前臭氧氧化程序(氧化破壞大分子有機物)
3. 混凝沉澱程序	4. 第一階段粒狀活性碳過濾程序
5. (後)臭氧氧化程序	6. 第二階段粒狀活性碳過濾程序
7. 紫外線消毒程序	8. 最終加氯消毒程序
9. 調整酸鹼值(pH)	