

法國國家低碳戰略和碳預算

—設定各部門的溫室氣體減量目標，邁向低碳經濟的轉型

林祥輝

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

法國政府為實現 2050 年溫室氣體減量 75% 的目標，依據能源轉型法之規定，於 2015 年 11 月公布「國家低碳戰略」，提出到 2028 年的前 3 個「碳預算」期，設定各部門的溫室氣體排放上限，採取提高能源效率、開發再生能源、發展循環經濟、使用低排放材料等推動措施；另外也採取配套措施，逐年提高能源消費的碳稅，以每公噸 CO₂ 排放計算，從今(2016)年的 22 歐元/公噸，將提高至 2030 年的 100 歐元/公噸。期望在國家低碳戰略的推動下，降低國家碳足跡，邁向低碳經濟的轉型。

關鍵字：低碳戰略、碳預算、碳稅

一、前言

法國於 2015 年 8 月 18 日頒布「邁向綠色成長之能源轉型法」(簡稱能源轉型法)[1]，設定中長期的溫室氣體減量目標：到 2030 年減量 40%、2050 年減量 75%(以 1990 年為基準)。為了實現邁向低碳經濟的該目標，法國政府依據能源轉型法第 2015-992 號法令，導入「國家低碳戰略(La stratégie nationale bas-carbone, SNBC)」，提出如何減少溫室氣體排放的方針，同時也設定轉型到低碳與永續經濟的期程[2, 3]。

法國生態、永續發展暨能源部則於 2015 年 11 月 13 日公布「國家低碳戰略(SNBC)」，在 SNBC 中設定了運輸、建築、工業、農業、能源及廢棄物管理等各部門的溫室氣體減量目標和相關推動措施，期

降低國家碳足跡，邁向低碳經濟的轉型[4]。

依據國際能源總署(IEA)的統計資料，法國 2013 年初級能源總供給量(253 Mtoe)中，核能占 42.9%、石油 27.6%、天然氣 15.1%、煤炭 4.8%、生質燃料/廢棄物 6.4%、水力 2.4%、地熱等再生能源只占 0.8%；至於，2013 年發電量的組合中，核能占 74.0%、水力 13.2%、再生能源 3.8%，低碳電力合計就占 91%，如圖 1 所示[5, 6]。在能源轉型法的目標中，到 2025 年核能發電量占比要降至 50%，到 2030 年再生能源(含水力)發電量占比要提高至 40%，這顯示低碳電力仍維持 90%左右，並以提高再生能源電力占比，彌補核電比率的降低。

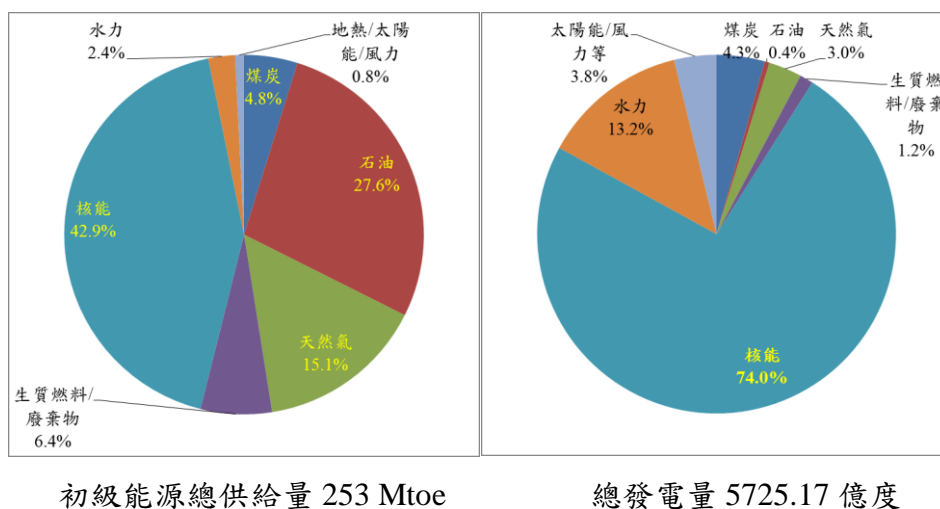


圖 1、法國 2013 年初級能源總供給和發電量之組合[5, 6]

法國由於核能和水力的發電量占比大，所以法國的人均二氧化碳排放量比其他已開發國家都低，法國為 4.8 公噸 CO₂/人，歐盟 28 國平均為 6.6 公噸 CO₂/人。儘管法國 2013 年的溫室氣體排放量比 1990 年已經降低 11%，且從 2005 年至 2013 年平均每年減量約 800 萬公噸 CO₂ 當量。但是，為了達成 2050 年減量 75%的目標，未來 35 年平均每年仍須擴大減量為 900~1000 萬公噸[2]。因此，法國國家低碳戰略有兩大戰略目標為：

1. 降低碳足跡：碳足跡為經濟決策的關鍵考慮因素，也就是在產品的生命週期分析中，考慮到碳足跡，以限制產品在生產和消費的過程中對環境造成影響，此舉有助於地區的「溫室

氣體排放-中和(GHG emission-neutral)」，亦即淨零排放。

2. 重新導引投資，以支持能源轉型：動用公共資金(能源轉型基金等)和法國公民的儲蓄資金(永續發展儲蓄帳戶等)，支持能源轉型投資；並在不增加總體的稅賦負擔下，逐漸提高能源消費中的碳稅比重。

以下就法國國家低碳戰略中，各部門的溫室氣體排放目標和溫室氣體減量推動措施，以及碳稅課徵等，分別摘述說明之。

二、設定各部門溫室氣體排放上限的碳預算

法國的溫室氣體排放目標，以 1990 年為基準，到 2030 年需減量 40%，2050 年需減量 75%。因此，如圖 2 所示，1990 年的溫室氣體排放總量為 5.52 億公噸，2030 年溫室氣體總排放上限設定為 3.3 億公噸，2050 年溫室氣體排放更進一步限制在 1.4 億公噸。

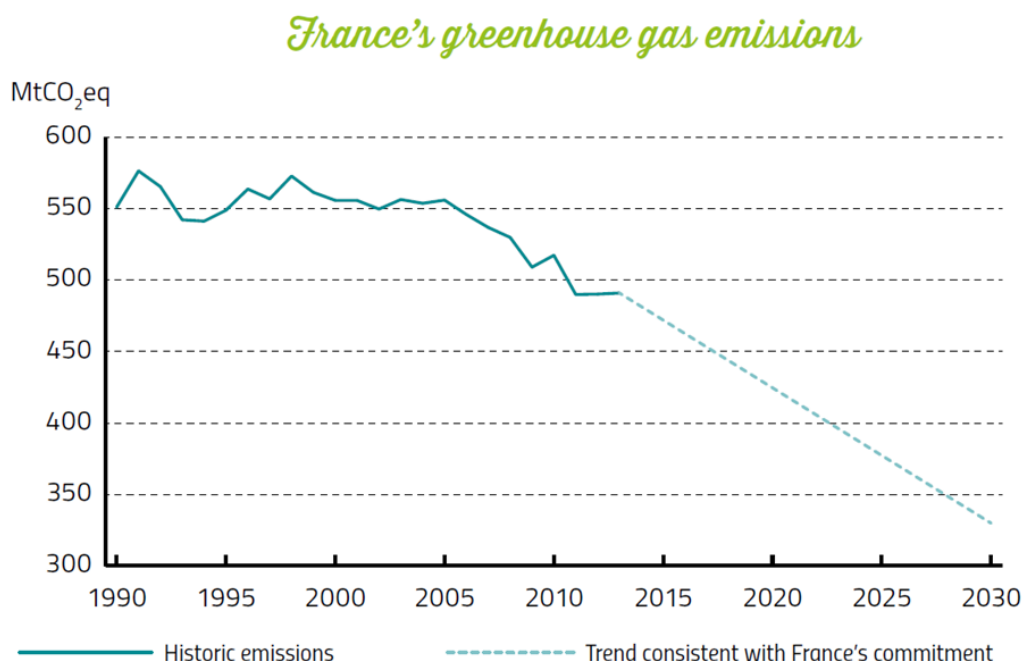


圖 2、法國溫室氣體排放的變動與目標[7]

法國國家低碳戰略是以「2050 年溫室氣體減量 75%」做為長期目標，採用「碳預算(budgets carbone)」的方式，設定各部門溫室氣體

的排放上限，除第 1 期為 4 年外，之後將以每 5 年為一個階段，陸續檢討公布各期的碳預算，亦即溫室氣體排放上限。法國政府於 2015 年 11 月 18 日通過前三個「碳預算」期，亦即 2015-2018 年、2019-2023 年及 2024-2028 年，並設定全國各部門的溫室氣體排放上限，如表 1 和圖 3 所示。在每個碳預算期末，獨立的專家委員會將評估其成效。

依據表 1 的各部門溫室氣體排放量顯示，自 1990 年至 2013 年工業部門和能源部門已進行相當大幅度的減量；未來第 3 期碳預算(2024-2028 年)的目標，相較於 2013 年，則以建築部門的減量最多，達 5,300 萬公噸，其次為運輸部門 4,000 萬公噸、工業部門 2,000 萬公噸，此顯示建築部門和運輸部門為法國未來加強減量的對象。

表 1、法國各「碳預算」期不同部門的溫室氣體排放上限[4]

單位：MtCO₂eq

部門別	運輸部門	建築部門 (住宅服務)	農業部門	工業部門	能源部門	廢棄物管理 部門	合計
1990 年	121	90	98	148	78	17	552
2013 年	136 (占 27.6%)	99 (占 20.1%)	92 (占 18.7%)	88 (占 17.9%)	57 (占 11.6%)	20 (占 4.1%)	492
第 1 期碳預算 2015-2018 年	127	76	86	80	55	18	442
第 2 期碳預算 2019-2023 年	110	61	83	75	55	15	399
第 3 期碳預算 2024-2028 年	96	46	80	68	55	13	358
第 3 期較 1990 年減量	20.7%	48.9%	18.4%	54.1%	29.5%	23.5%	35.1%
第 3 期較 2013 年減量	29.4%	53.5%	13.0%	22.7%	3.5%	35.0%	27.2%

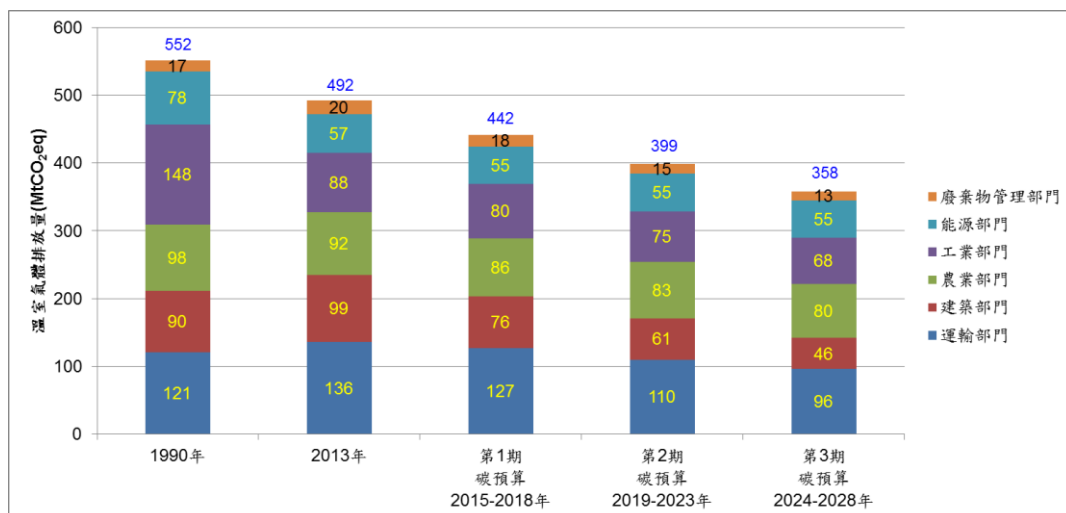


圖 3、法國各部門的碳預算[4]

三、各部門的溫室氣體減量目標和相關推動措施

法國國家低碳戰略(SNBC)針對運輸、建築、工業及能源等部門的溫室氣體減量目標和相關推動措施，分述如下[4]：

(一)運輸部門

2013 年，運輸部門的溫室氣體排放量占 27%(表 1)。目標為：第 3 碳預算期(2024 年至 2028 年)的溫室氣體排放較 2013 年減量 29%，到 2050 年至少減量 70%。為實現這些目標，推動措施有：

1. 提高車輛的能源效率：在 2030 年銷售的車輛，平均燃油效率目標達到 2 公升/100 公里。
2. 轉型到低碳能源：預見轉型到低碳運輸的發展時期，特別需要建置車輛補給燃料的基礎設施(充電設備、氣體輸送裝置等)及協調相關單位(如政府、公用事業、企業及家庭等)共同建置。
3. 減少交通流量：透過遠程辦公、區域交通限制措施等。
4. 提高車輛裝載率：車輛共乘、發展公共運輸等。
5. 鼓勵運輸模式轉變：將人員與貨物輸送的交通模式移轉到「非汽車道路模式」、「非航空運輸模式」，例如使用鐵路、騎自行車和步行等；當建置交通設施規劃時，必須考慮到有利於地

區的投資規劃。

(二)建築部門

2013 年，住宅及商業大樓的溫室氣體直接排放量占 20%；若將發電和建築暖房等間接排放計入，則約占 25%。目標為：第 3 碳預算期的溫室氣體排放較 2013 年減量 54%，到 2050 年至少減量 87%；此外，在 2030 年的能源消費期望較 2010 年降低 28%。實現這些目標的推動措施有：

1. 提高新建築的能源與環保性能：根據 2012 年的熱法規，新建築必須進行生命週期分析，評估建築物對環境的影響，也就是必須說明如何減少整個建築物使用期間的溫室氣體排放量。
2. 推動既有建築的節能改善：改善建築外牆的隔熱與更換高效率的設備(如暖器、熱水器、瓦斯廚具等)。目標是既有建築納入「BBC 能源改善」規範中，到 2050 年將全部翻新至高效率標準。
3. 加強能源消費的管理：實施歐盟的生態設計和標示、能源消費資訊的宣導與應用、低效率設備的公告、推廣建置智慧電表與智慧瓦斯表等，促使消費者節約能源。

(三)農業部門

2013 年，農業部門的溫室氣體排放量約占 19%；該排放量還需加上農業土地轉換使用的相關排放。目標為：第 3 碳預算期的溫室氣體排放較 2013 年減量 13%，到 2050 年需較 1990 年減量 50%。為實現目標，需要加強農業生態計畫，實施方式包括：

1. 減少來自農業氣體(N_2O 、 CH_4)的直接排放，並在土壤中儲存碳及保持其生物量。同時透過生質轉化(生質材料或生質能源的生產)替代化石燃料的排放。
2. 優化投入物料(化肥、動物飼料)，並積極尋找當地可替代的資

源(使用有機肥料替代礦物肥料、優化動物飼料的蛋白質等)。

3. 多樣化的農作物輪耕和開發。
4. 發展永續的農林業與畜牧業，維護農業生態基礎設施。
5. 土地覆蓋，增加土壤的有機質含量。
6. 發展有附加價值的農牧產品。
7. 改善農場建築與設備的能源性能，開發農業沼氣能源。

(四)工業部門

2013 年，工業部門的溫室氣體排放約占 18%。從 1990 年到 2013 年，工業部門排放已經減少了 40%(表 1)。其排放量的 75%，受到歐盟排放限額的管制。目標為：第 3 碳預算期的溫室氣體排放較 2013 年減量 23%，到 2050 年則減量 75%。轉型至低碳工業的推動措施有：

1. 提高製程能源效率，控制每個產品的能源和材料需求。
2. 促進循環經濟：回收再利用、以低排放材料的替代使用(例如以生質材料替代高排放材料)及能源回收等，減少材料與能源的消耗。
3. 尋找能源替代品，以降低能源消費及減少工業產品使用高排放的能源。
4. 從長期來看，開發和使用碳捕集與封存(CCS)技術，將會在實現未來目標上，發揮顯著的作用。

(五)能源部門

2013 年，能源部門的溫室氣體排放約占 12%。從 1990 年到 2013 年，能源部門排放已經減少 27%(表 1)。其排放量的 85%，受到歐盟排放限額的管制。目標為：在前三個碳預算期，維持排放量在 2013 年的基準之下(約-4%)，到 2050 年則較 1990 年減量 95%。努力推動的方針有：

1. 加速提高能源效率：需要降低能源密集度，控制化石能源的

消費，轉向利用電力能源。

2. 2050 年能源結構的去碳化：這些方案設計都是基於 2050 年開發使用碳捕集與封存(CCS)技術而作的假設。如果未發生該假設情況，則需全力將能源生產的低碳化轉移到其他能源(如再生能源)選擇上。
3. 發展再生能源，避免投資於新的火力發電廠。
4. 以足夠高的碳價格，降低現有發電廠的排放。
5. 要預先考慮到 2050 年火力發電廠使用 CCS 的可能性，同時也需考慮到碳儲存設施的位置選擇。
6. 提高電力系統的使用彈性，增加再生能源的比例，符合長期的碳預算計畫和電力系統低碳化的目標。其要求是：
 - (1) 開發水力發電，增加電力調度的靈活性。
 - (2) 根據電力需求，發展智慧電網和電力儲存設施：到 2030 年，每週電力的儲存量，需要因應風力發電的變動性。2030 年後，每日電力的儲存量，需要因應太陽光電的發電量，當其發電量大到一定量時。
 - (3) 發展能源系統的相互移轉，例如電力到瓦斯、電力到熱能等。
 - (4) 需與鄰國建立互聯的電力網，以擴大再生能源的生產。

(六)廢棄物管理部門

2013 年，廢棄物管理部門的溫室氣體排放約占 4%。目標為：第 3 碳預算期的溫室氣體排放較 2013 年減量 35%，到 2050 年減量 80%。實現這些目標的推動優先順序為：

1. 預防廢棄物產生的行動計畫(如產品注入以生態保育的設計觀念、延長產品生命週期、加強產品的維修、限制食物浪費等)和產品的重複使用(循環經濟)。
2. 加強可用廢舊材料的資源回收，到 2025 年推廣生質廢棄物的

分類。

3. 提高廢棄物和材料的回收再利用。
4. 減少垃圾和污水處理廠的甲烷排放，尤其是針對無法回收的廢棄物部分。
5. 焚化並進行能源回收。

四、課徵碳稅做為低碳戰略推動之配套措施

在法國國家低碳戰略中，也提出對能源消費課徵碳稅，做為低碳戰略推動之配套措施。在課徵能源消費稅上，法國採取逐步增加碳稅稅率，預期此舉將有助於降低溫室氣體排放量，達成 2050 年減量 75% 的目標。相對於碳稅收入的增加，其他能源產品的課稅稅率會逐漸降低；如此一來，不同能源的產品，其稅收比重有所消長，以期不增加整體課徵的能源稅收。對企業與消費大眾來說，法國政府事先公布的碳稅價格訊號，也可讓企業與消費者規劃轉變能源消費的行為，朝向能源消費的低碳化發展。

法國係於 2014 年開始推出碳稅制度，從化石燃料消費中徵收，並逐年調高碳稅稅率。碳稅係以每公噸的二氧化碳排放計算，最初 2014 年定為 7 歐元/公噸，2015 年為 14.5 歐元/公噸，2016 年提高至 22 歐元/公噸，2017 年將再提高至 30.5 歐元/公噸。此外，能源轉型法將碳稅入法，訂定 2020 年碳稅提高至 56 歐元/公噸、2030 年再增加到 100 歐元/公噸[4, 8]。

五、低碳戰略預期帶動的效果

法國的能源轉型和低碳戰略預期將對經濟成長和就業機會產生以下效益[4, 9]：

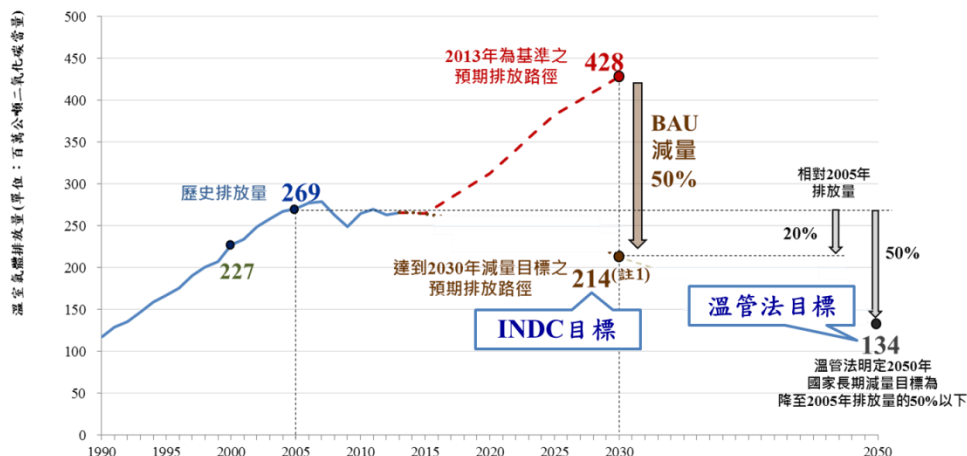
1. 減少對化石燃料進口的依賴，從而降低能源成本及碳足跡。
綠色成長將有助於法國 2030 年的能源支出較 2012 年低 7%。

2. 支持未來 20 年的經濟成長：能源轉型法預計在 2020 年將帶動 GDP 成長 0.8%，2030 年 GDP 成長 1.5%。
3. 增加就業人數：2015 年至 2035 年期間創造 10 萬至 35 萬個新增就業機會。

六、我國溫室氣體減量目標和推動情況

我國為呼應全球減碳行動，於2015年9月17日行政院會上主動提出「國家自定預期貢獻(INDC)」之溫室氣體減量承諾，並遵循「環境基本法」及「溫室氣體減量及管理法」(2015年7月1日公布，簡稱溫管法)，以穩健減核方式，推動節能減碳行動，逐步邁向非核家園。我國 INDC 減量目標設定為：2030 年溫室氣體排放量為現況發展趨勢 (BAU) 減量 50%；這相當於 2005 年排放量再減 20%。根據溫管法的規範，我國須於「2050 年降至 2005 年排放量 50% 以下」。因此，INDC 設定先於 2030 年減至 2005 年的 20%，做為階段性努力的目標，如圖 4 所示。

為利溫管法後續推動與執行，環保署於 2016 年 1 月 6 日訂定發布「溫室氣體減量及管理法施行細則」，明確劃分中央及地方主管機關之主管事項，除規範中央主管機關應擬訂「國家因應氣候變遷行動綱領」及「溫室氣體減量推動方案」外，能源、製造、運輸、住商及農業各部門之中央目的事業主管機關，亦須訂定所屬部門「溫室氣體排放管制行動方案」，直轄市、縣(市)主管機關則須依據前述綱領及方案，訂修「溫室氣體管制執行方案」。此外，環保署將制訂五年為一期的階段管制目標，並與相關部會研商前述綱領、方案及階段管制目標，以確立溫管法的政府權責分工及整合推動事宜[10]。



註1：為達減碳目標除節能極大化、能源供給低碳化外，尚須含碳匯、境外減量。

註2：能源燃料燃燒87.55%、工業製程和生產使用7.19%(水泥業、鋼鐵工業製程氧化還原反應)、農業0.016%(化學肥料尿素使用)、廢棄物0.002%(焚化)。

圖 4、我國溫室氣體減量目標[10]

七、結論與建議

法國在能源轉型法的目標中，要將核能發電量占比從目前約 75% 降至 2025 年的 50%，此對於其要達成溫室氣體減量的目標：到 2030 年減量 40%、2050 年減量 75%，將是嚴峻的挑戰。因此，法國在公布能源轉型法後，又公布國家低碳戰略，設定各部門的溫室氣體排放上限(碳預算)和推動措施，包括碳稅之配套措施，期降低國家碳足跡，邁向低碳經濟的轉型。我國目前也依據溫管法規劃未來的溫室氣體減量推動方案，因此法國在國家低碳戰略、碳預算和碳稅等相關推動措施，將有諸多值得我國參考借鏡之處，如以下之說明：

(一)國家低碳戰略：我國在訂定各部門的「溫室氣體排放管制行動方案」時，可參考法國國家低碳戰略之重要推動措施，包括：

1. 降低經濟活動的碳密集度：提高能源效率、積極發展再生能源、推動低排放材料的替代使用；提供低碳技術與節能減碳資訊，共同邁向低碳化。
2. 推動各行各業的節能減碳行動：分階段設定各部門中長期的溫室氣體減量目標和推動措施。
3. 發展循環經濟：將「生態設計」概念納入產品或服務的設計規

劃中，有效進行材料和能源之回收再利用。

- (二) **碳預算**：法國採用「碳預算」的方式，每5年為一期設定各部門的溫室氣體排放上限，目前已規劃到第三個「碳預算」期(2024-2028年)；我國環保署也正研擬制訂各部門的階段管制目標(每5年一期)。因此，法國公布碳預算與評估執行成效的方式將值得我國進一步探討。
- (三) **碳稅**：我國目前有研擬對化石能源課徵能源稅的提議，為合理反映使用能源的外部成本，並在財政中性原則下，規劃配套措施，減輕產業及民眾於稅制改革所受的影響，促使我國朝向低碳化之永續產業結構轉型。法國已採取逐年提高能源消費的碳稅稅率，做為達成溫室氣體減量目標的配套措施，其推動碳稅的作法亦值得我國參考。

參考文獻

- [1] 法國國會通過「邁向綠色成長之能源轉型法」，能源知識庫。
http://km.twenergy.org.tw/DocumentFree/reference_more?id=125
- [2] French national low-carbon strategy (La stratégie nationale bas-carbone, SNBC), Minister of Ecology, Sustainable Development and Energy, 2015/12. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/15147-2_strategie-bas-carbone_4p_GB-2.pdf
- [3] Ségolène Royal salue la publication du décret définissant la stratégie nationale bas-carbone pour le climat, Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2015/11/20.
http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/2015-11-20_-_CP_CM_SNBC.pdf
- [4] Stratégie nationale bas-carbone, Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2016/1/7.

- http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/SNBC_resume_pour_decideurs.pdf
- [5] IEA, France: Share of total primary energy supply in 2013.
<http://www.iea.org/stats/WebGraphs/France4.pdf>
- [6] IEA, France: Electricity and Heat for 2013.
<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2013&country=FRANCE&product=ElectricityandHeat>
- [7] CLIMATE - France in action, Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2015/6.
http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/15049-1_climat-engagements-france_GB.pdf
- [8] La France exemplaire pour le climat grâce à l'application de la loi de transition énergétique, Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2015/11/13. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/1-2015-11-13_DP_TEPCV_5_.pdf
- [9] Mode d'emploi de la transition énergétique - 50 actions pour agir au quotidien, Ministre de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 2015/10. http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/ModeEmploi_TransitionEnergetique_vA4.pdf
- [10] 溫室氣體減量及管理法專區，行政院環保署。
<http://www.epa.gov.tw/mp.asp?mp=ghgact>

