الجوانب البيئية للطاقة النووية

إعداد

د/ أيمن عبد السلام إبراهيم

دكتوراه فى الاقتصاد والمالية العامة

مقدمة

تعالت الأصوات مؤخراً من قبل علماء البيئة – بدق ناقوس الخطر جراء تنامي ما يعرف بظاهرة الاحتباس الحراري، المتمثلة في ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض، والتي يكون لها تأثيرها على البيئة الإنسانية جميعاء. ولم يقتصر التحذير على علماء البيئة فحسب بل امتد أيضاً إلى علماء الاقتصاد حول العالم، حيث حزروا من الأثار الكارثية والمدمرة لتنامي ظاهرة الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية على الاقتصاد العالمي وعلى البشرية في شتى أنحاء الكوكب الأرضي.

ويعتبر العامل الرئيسي في تنامي هذه الظاهرة هو ارتفاع معدلات إنبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ويسند علماء البيئة هذه الارتفاعات في معدل هذه الإنبعاثات في أغلبها إلى قطاع توليد الطاقة، نتيجة لاعتماد هذا القطاع في توليد أغلب مصادر طاقته وخاصة الكهربائية منها على مصادر ملوثة للبيئة مثل مصادر الطاقة الأحفورية (كالنفط والفحم والغاز الطبيعي)، وتمثل هذه المصادر حوالي ثلثي إجمالي الطاقة المستخدمة في توليد الكهربائية المولدة العالمياً، وينبعث عن هذه المصادر كميات هائلة من انبعاثات الغازات الدفيئة، المسئولة بشكل كبير عن ارتفاع درجات الحرارة عالمياً، والمسببة لتفاقم ما يعرف حالياً بظاهرة التغير المناخي.

ومن المتوقع ارتفاع معدل الملوثات الكربونية مستقبلاً بالتوازي مع زيادة الطلب العالمي على هذه المصادر – لمواكبة متطلبات الزيادة السكانية المتوالية والنمو الاقتصادي وبالأخص في القطاع الصناعي. وقد يتسبب الاعتماد على مصادر الوقود الأحفوري في توليد الطاقة في احداث أخطار بيئية لا حصر لها ... سنوالي زكرها في هذه الدراسة.

ومن هنا بات من الضروري البحث عن مصادر للطاقة النظيفة أو صديقة للبيئة وإحلالها محل المصادر التقليدية، وهنا يمكن أن تكون الطاقة النووية لاعباً مهماً في هذا الشأن – بجانب مصادر الطاقة المتجددة، حيث تشكل الطاقة النووية مصدراً ثريًا لتوليد الكهرباء، فضلاً عن كونها لا يتولد عنها أية انبعاثات كربونية. لذا فإنه بإمكانها المساهمة في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، ومن ثم المساهمة في مواجهة تحديات تغير المناخ.

وبجانب الاسهامات الهامة للطاقة النووية على الصعيد البيئي فإن لها أهداف تنموية أخري اقتصادية واجتماعية، كان من أهم هذه الأهداف: إمكانية المساهمة في تلبية الطلب المتزايد على الطاقة، وحل مشكلة أمن إمدادات الطاقة، المساهمة في توليد كهرباء رخيصة وتنافسية، المساهمة في زيادة تنوع مصادر الطاقة، كما أن توليد الطاقة من مصادر نووية ينطوي على توظيف اقتصادي أمثل للموارد الاقتصادية النادرة، فضلاً عن مساهمتها في توفير فرص عمل متميزة بدخول عالية للشباب.

وسنركز في هذا الخصوص على الجوانب التنموية للطاقة النووية على الصعيد البيئي، وقد اتضح أن صناعة الطاقة النووية إلى حد كبير - تتفق مع غيرها من مصادر الطاقة المختلفة في دورها في تحقيق أهداف التنمية المستدامة في شقيها الاقتصادي والاجتماعي، إلا أنها تختلف اختلافاً جذرياً في الشق الثالث لأبعاد التنمية المستدامة "البعد البيئي"، حيث تعتبر مصادر الطاقة المختلفة وفي مقدمتها المصادر الأحفورية (كالنفط والفحم والغاز الطبيعي)، مصدراً للإجهاد البيئي، على عكس الحال بالنسبة للطاقة النووية، والتي تعتبر مصدراً هاماً للطاقة من جهة ومن جهة أخرى، تعتبر طاقة صديقة للبيئة.

وستتعرض الدراسة فيما يلي، للأهم السمات التي تتميز بها صناعة الطاقة النووية عن غيرها من صناعات إنتاج الطاقة الأخرى (وخاصة الطاقات ذات المصادر الأحفورية)، تحقيقاً لأهدف التنمية المستدامة على مستواها البيئي – من خلال العرض لأربع مباحث رئيسية يليها عرض لخاتمة ونتائج ومجموعة من المقترحات.

يعرض المبحث الأول لدور الطاقة النووية في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، ناقش هذا المبحث عدداً من التساؤلات – منها، نوع مصادر الطاقة المستخدمة حالياً ونسب إسهام كل منها في الاستهلاك العالمي؟ ومدي تأثير كل من هذه المصادر على مستوي الانبعاثات الكربونية المولدة عالمياً؟ وما هو الدور الحالي والمتوقع للمصدر النووي في التخفيف من حجم هذه الانبعاثات؟

وبالنسبة للمبحث الثاني، فيناقش دور الطاقة النووية في مواجهة قضايا تغير المناخ، يعرض هذا المبحث النتائج المترتبة على التغيرات المناخية: من حيث مدي إمكانية تأثر الأوضاع البيئية والأيكولوجية سلباً بالتغيرات المناخية، والتأثير المحتمل للتغيرات المناخية على استدامة نظم الطاقة، وأخيراً التأثير المحتمل للتغيرات المناخية على إمدادات الطاقة.

أما عن المبحث الثالث، فيعرض لدور صناعة الطاقة النووية في إنجاز أهداف بروتوكول كيوتو لمواجهة قضايا تغير المناخ، والدور الذي يمكن أن يلعبه فرض ضريبة الكربون في تفعيلاً لأهداف بروتوكول كيوتو. وأخيراً يعرض المبحث الرابع والأخير لدور الطاقة النووية في الحد من المخاطر البيئية والصحية، تناول هذا المبحث عرضاً للفوائد البيئية والصحية للصناعة.

المبحث الأول

دور الطاقة النووية في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة

إن الطاقة المعتمدة في توليدها على الوقود الأحفوري (كالنفط والفحم والغاز الطبيعي)، على الرغم من أنها تزود أكثر من ثلثي الطاقة الكهربائية المولدة حالياً حول العالم، إلا أنه ينبعث عنها كميات هائلة من الغازات الدفيئة، المسئولة بشكل كبير عن ارتفاع درجات الحرارة عالمياً، وفي نفس الوقت يتوقع ارتفاع معدلات الطلب العالمي على الطاقة بحدة خلال السنوات الـ٥٠ المقبلة، وهذا يجعل كل المجتمعات أمام تحدٍ حقيقي، من حيث إمكانية توفير الطاقة بكميات مناسبة لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة لمواجهة النمو الاقتصادي وتحقيق التنمية الاجتماعية، مع ضمان حماية البيئة.(١)

كما أن استخدام محطات الطاقة المعتمدة في تشغيلها على الوقود الأحفوري تتسبب في أخطار بيئية كبيرة بسبب الانبعاثات الغازية الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري، والممثلة في غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز ثاني أكسيد الكبريت وبعض أكاسيد النيتروجين...إلخ. وعلى الرغم من أن غاز ثاني أكسيد الكربون هو أحد المكونات الطبيعية للغلاف الجوي، إلا أنه لوحظ في الأعوام الأخيرة أن نسبته في الهواء قد ازدادت نتيجة للإسراف في حرق الوقود الأحفوري، وتبلغ كميته التي تتصاعد في دول صناعية كبري مثل الولايات المتحدة الأمريكية عدة ملايين من الأطنان.(٢)

---

(1) OECD : "Nuclear energy today", policy brief, February 2005, page 1, Available at; http://www.oecd.org/dataoecd/32/62/34537360.pdf

(٢) د. محمد مصطفي عبد الباقي، "آفاق الطاقة النووية"، عام ٢٠٠٨م، بدون دار نشر، ص ٦٨ و٦٩.

=

وقد تجاوزت نسبة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الضعف بالفعل منذ عام ١٩٧١م في قطاع النقل، وبصفة رئيسية النقل البرى، كما ارتفعت في قطاع الكهرباء بمقدار ٨٠%. ويتسبب قطاع الكهرباء والنقل حالياً في إنتاج حوالي ٦٦% من إجمالي انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون عالمياً، وفي حالة ارتفاع معدلات الطلب على خدمات الطاقة فإن هذا يساهم أيضاً في زيادة معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة، بالتوازي مع ارتفاع معدلات إنتاج واستهلاك الكهرباء.(١)

كما تشير بعض الدراسات إلى أن نسبة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن محطات إنتاج الطاقة تعتبر أكبر مكون للغازات الدفيئة على مستوى العالم، ومن المتوقع زيادتها بنسبة تقدر بحوالي ٥٥٪ في عام ٢٠٣٠م وبنسبة ١٣٠٪ في ٢٠٥٠م بالمقارنة مع عام ٢٠٠٥م (انظر الشكل ١)، وعلى افتراض أن انبعاثات

=

يعمل غاز ثاني أكسيد الكربون على ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض، ويؤدي هذا على المدى الطويل إلى انصهار الجليد في المناطق القطبية مما ينذر بحدوث كارثة تتسبب في إغراق المدن الساحلية. أما غاز ثاني أكسيد الكبريت فيتسبب في حدوث أمطار حمضية تحتوي على حامض الكبريت، الذي يعمل على تأكل أحجار المباني والتماثيل وإتلاف الآثار، وما لها من أهمية كبيرة. بالإضافة إلى تلوث المياه، والإضرار بصحة سكان المدن الذين يتعرضون لهذا النوع من التلوث. أما عن أكاسيد النيتروجين فهي تمثل خطراً كبيراً على طبقة الأوزون التي توجد في الغلاف الجوي وتحيط بالكرة الأرضية وتمتص قدراً كبيراً من الأشعة فوق البنفسجية التي تنبعث من الشمس. إن أكاسيد النيتروجين عندما تصل لطبقة الأزون تتفاعل مع الأزون وتحوله إلى غاز الأكسجين، وبذلك تؤدي إلى نفاذ الأشعة فوق البنفسجية التي تضر بالكائنات الحية التي تعيش على سطح الأرض وتصيبها بأمراض خطيرة. انظر/ درويش محمد خميس فريح القبيسي وعمران بن سلطان الحلامي وآخرون، "طاقة المستقبل للعالم العربي- مقارنة الطاقة الشمسية بالطاقة الذرية"، المركز الدولي لأنظمة المياه والطاقة أبو ظبي، ٢٠١٠م، ص١،.على الرابط التالي:

http://www.terracuranda.net/Altaka_Almia/Arab_Future_Energy.pdf

(1) WEC : "The Energy Industry Unveils Its Blueprint For Tackling Climate Change', WEC Statement 2007, p. 1, Available at; http://www.worldenergy.org/documents/stat2007.pdf

الغازات الدفيئة الأخرى تتزايد في معدلات مماثلة، فإن هذا من شأنه أن يضع كوكب الأرض على الطريق الصحيح نحو زيادة تركيزات الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي لكي تصل إلى ١٠٠٠ جزء في المليون من مكافئ غاز ثاني أكسيد الكربون.(١)

وفي دراسة أخرى تشير إلى أن مستويات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون وحدها قد ارتفعت بنسبة تقدر بحوالي ٤٠% (أي حوالي ٢٨٠ إلى ٣٨٠ جزءًا في المليون اليوم). هذا وترتفع مستويات التركيز بملوثات ثاني أكسيد الكربون بحوالي ٢٦،٦ مليار طن تنبعث كل عام. ومن المتوقع أن تنمو الانبعاثات السنوية لتصل إلى ٤١،٩ مليار طن بحلول عام ٢٠٣٠م. وفي الواقع، تجاوزت ملوثات الكربون كل التقديرات في السنوات القليلة الماضية.(٢)

كل هذا يؤدي إلى ارتفاع موازٍ في درجات الحرارة إلي أكثر من ٥ درجات مئوية فوق مستويات ما قبل الثورة الصناعية. وهذا يتعارض بشدة مع إعلان مجموعة دول الثماني (G8)، الذي ينص على ضرورة الحفاظ على زيادة متوسط درجات الحرارة العالمية لأقل من ٢ درجة مئوية، كما يشير أيضاً إلى ضرورة نشر التكنولوجيات منخفضة الكربون.(٣)

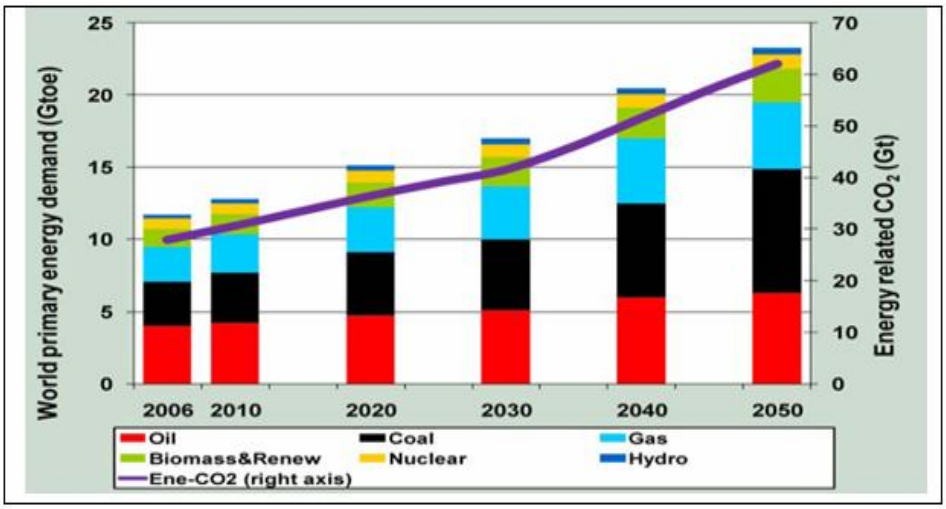
---

(1) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', Department of Nuclear Energy 2009, (a), p. 7, Available at; http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/09-43781_CCNP-Brochure_E.pdf

(2) Squassoin (S.) : "Nuclear energy; rebirth or resuscitation', Carnegie Endowment for International Peace, 2010, p. 16, Available at; http://carnegieendowment.org/files/nuclear_energy_rebirth_resuscitation.pdf

(3) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 7.

الشكل(١): النسب المتوقعة لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن محطات إنتاج الطاقة المختلفة، على مستوى العالم، حتى عام ٢٠٥٠م.



Source: IAEA ; "Climate Change and Nuclear Power', Department of Nuclear Energy 2009, (a), p. 7, Available at; http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/09-43781_CCNP-Brochure_E.pdf

فقد ارتفعت نسبة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمعدلات كبيرة تقدر بحوالي سبعة أضعاف خلال القرن الـ٢٠، وكان ذلك ناتجاً عن الزيادة المتوالية في حرق الوقود الأحفوري، مما تسبب في ارتفاع درجات الحرارة. وقد أخذت معدلات الزيادة في درجات الحرارة في الارتفاع مع بداية عام ١٩٠٠م، إلا أن معدلات الزيادة تصاعدت بصورة أكبر خلال السنوات الـ٢٥ الماضية.

ومن المتوقع ارتفاع متوسط درجات الحرارة الحالية لتكون قريبة من ٠،٨ درجة مئوية فوق المعدل الطبيعي، هذا وتشير التقديرات إلى أن درجات الحرارة في القطب الجنوبي ارتفعت بمعدل ٢،٥ درجة مئوية على مدى السنوات الـ٢٥ الماضية، ويتوقع

الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ أن درجات الحرارة العالمية قد ترتفع بمقدار ١،٦ درجة مئوية، خلال هذا القرن.(١)

كما تتوقع بعض الدراسات إلى أن كل عقد يمر يسجل ارتفاعاً في درجة الحرارة بنسبة تقدر بـ٠،٢ درجة مئوية، ومن المتوقع أن يكون لهذا الارتفاع عواقب وخيمة. وتشير أفضل تقديرات الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ إلى أن درجة الحرارة بحلول عام ٢٠٥٠م، على هذا الكوكب يتوقع أن تكون مابين ٢،٤ و٤ درجة مئوية دفئاً. يوضح الجدول (١) الخطوط العريضة للفريق الحكومي الدولي لعام ٢٠٠٧م، حيث تناول تقدير الارتباط بين ارتفاع مستويات تركيز ثاني أكسيد الكربون وارتفاع درجات الحرارة العالمية.(٢)

الجدول(١): ارتفاع مستويات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة فوق مستويات ما قبل عصر الصناعية.

مستوى تركيز ثاني أكسيد الكربون(PPM)	مستوى تركيز مكافئ ثاني أكسيد الكربون(PPM)	متوسط درجات الحرارة عالمياً، > قبل مستويات عصر الصناعة	الذروة السنوية للإشعاعات	التغيير العالمي في الإشعاعات في ٢٠٥٠ (% من مستوى ٢٠٠٠م)
٣٥٠ _ ٤٠٠	٤٤٥ _ ٤٩٠	٢,٠ - ٢,٤ °C	٢٠٠٠ _ ٢٠١٥	-٥٠ - -٨٥%
٤٠٠ _ ٤٤٠	٤٩٠ _ ٥٣٥	٢,٤ - ٢,٨ °C	٢٠٠٠ _ ٢٠٢٠	-٣٠ - -٦٠%
٤٤٠ _ ٤٨٥	٥٣٥ _ ٥٩٠	٢,٨ - ٣,٢ °C	٢٠١٠ _ ٢٠٣٠	+٥ - +٣٠%
٤٨٥ _ ٥٧٠	٥٩٠ _ ٧١٠	٣,٢ - ٤,٠ °C	٢٠٢٠ _ ٢٠٦٠	+١٠ - +٦٠%

Source: Squassoin (S.) ; "Nuclear energy; rebirth or resuscitation', Carnegie Endowment for International Peace, 2010, p. 16, Available at; http://carnegieendowment.org/files/nuclear_energy_rebirth_resuscitation.pdf

(1) Johnston (D.) : "Sustainable energy for future generations', NEA News 2001, p. 5, Available at; http://www.oecd-nea.org/nea-news/2001/sustainable-energy19-1.pdf

(2) Squassoin (S.) : "Nuclear energy; rebirth or resuscitation', ibid, p. 16.

ونظراً للروابط القوية التي تربط بين نمو حرق الوقود الأحفوري في محطات توليد الطاقة والنمو في تركيز انبعاثات الغازيات الدفيئة، وأهمها غاز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي التي شهدناها بالفعل، يمكننا أن نتصور فعلا أن الاستمرار في عملية حرق الوقود الأحفوري على مستوياته الحالية أو توسيعها خلال القرن القادم سيكون له عواقب وخيمة على النظم البيئية، وتنامي ما يعرف بظاهرة الاحتباس الحراري أو ما يسمي بالاحترار العالمي، ومن ثم التغيرات المناخية التي تصبح الحياة معها أمراً لا يطاق.(١)

ويأخذ مجلس الطاقة العالمي بعين الاعتبار تحذيرات التقييمات العلمية بتوقع حدوث تدمير بيئي مرتقب من جراء ارتفاع نسبة انبعاثات الغازات الدفيئة عالمياً، الناتجة عن الاستخدام البشري، وإذا لم تتخذ الإجراءات العاجلة سواء على المستوى المحلى أو العالمي، فإن الزيادة المتوقعة في الطلب على الطاقة ستصاحَب بارتفاع هائل في انبعاثات الغازات الدفيئة.

على سبيل المثال، من المتوقع تضاعف نسب انبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عالمياً إلى حوالي ٤٦ مليار طن سنوياً بحلول عام ٢٠٥٠م، كما يتوقع تضاعف معدلات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في بلدان العالم النامي خلال تلك الفترة إلى حوالي ٢٠٠% مقارنة بالمعدلات الحالية، إذ بنهاية العقد الحالي يتوقع أن تتجاوز الصين الولايات المتحدة الأمريكية لتصبح أكبر باعث للغازات الدفيئة في العالم.(٢)

---

(1) Johnston (D.) : "Sustainable energy for future generations', ibid, p. 6. Ramon Ramirez (J.), et-al : "Nuclear Energy and Social Impact", Instituto Nacional de invistigacions Nucleares, Mexico, 2006, p. 1, Available at; http://www.springerlink.com/index/g811673677831310.pdf

(2) WEC : "The Energy Industry Unveils Its Blueprint For Tackling Climate Change', ibid, p. 1.

وبجانب هذا التقييم يوجد عدد متزايد من عمليات التقييم العلمي للآثار الناتجة عن التغيرات المناخية في السنوات الأخيرة. وكان من نتائج هذه التقييمات، أنه إذا أرادت كافة الدول والمجتمعات تجنب تأثيرات الموجات الشديدة للتغيرات المناخية، والتي سيكون من الصعب العيش معها، فإنه سيكون عليها ضرورة التخفيض من معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة ذات المصدر البشري بشكل كبير، خاصة خلال العقود القليلة المقبلة.

وتشير تقارير الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ إلى نتائج في غاية الأهمية، ومنها، أن التغيرات الفيزيائية الحيوية الناتجة عن ظاهرة الاحتباس الحراري ستكون لها آثارها السلبية السيئة على جميع القطاعات الحساسة أو المتأثرة بالمناخ، (وفي مقدمتها القطاع الزراعي) في جميع مناطق العالم، خاصة إذا ارتفعت هذه التغيرات إلى أكثر من ٣ درجات مئوية.[١]

ولهذا يؤكد مجلس الطاقة العالمي في أحد التقارير الرسمية الصادرة عنه، على أن معالجة التغير المناخي الآن ستكون أقل خطورة وتكلفة للاقتصاد العالمي عما لو تم تأجيله. ولذلك فإن اتخاذ خطوات قوية ومبكرة لكبح انبعاثات الغازات الدفيئة سيكون ذا عائد مربح للكافة سواء لقطاع الأعمال أو الحكومات أو المستهلكين.

كما يقدر تقرير بريطاني حديث أن تكلفة اتخاذ إجراءات ملموسة حالياً لتثبيت الانبعاثات الدفيئة عند حدٍّ منخفض سيكون أقل بحيث تكون بحدود ١% من الناتج المحلى الإجمالي سنوياً بحلول عام ٢٠٢٥م، في حين يتوقع هذا التقرير ارتفاع معدل هذه التكلفة إلى ٣،٥% من الناتج المحلى الإجمالي سنوياً إذا ما تركناها للمستقبل.

---

(1) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 4.

وبحسب ما جاء في التقرير، فإن التراجع عن اتخاذ الإجراءات العاجلة لمواجهة ذلك سيساهم في تقليص الناتج المحلي الإجمالي للفرد بما مقداره ٢٠% سنوياً. وبناء عليه تكون كافة الحكومات على مستوى العالم مطالبة بتخفيض معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة، من بينها الدول الطامحة في زيادة معدلات إنتاج الطاقة كالصين والهند، حيث أن مسئولية تخفيض نسبة انبعاثات الغازات الدفيئة لن تكون مسئولية دولة أو حكومة بعينها، إنما يتطلب الأمر اتفاقاً أو تعاوناً على نطاق عالمي.(١)

وفي ديسمبر من العام ٢٠٠٧م، اقترحت خطة بالي "خارطة الطريق" لتخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة المسببة للاحتباس الحراري، والتي من المتوقع أن تصل إلى ذروتها في السنوات الـ١٠ المقبلة، وبالتالي فإنه من الضروري تخفيض معدل انبعاثات الغازات الدفيئة بأقل من النصف من مستويات انبعاثات عام ٢٠٠٠م ، وذلك بحلول عام ٢٠٥٠م. وقد أكدت هذه الخطة على ما أكدت عليه التقييمات السابقة، من أن التأخر في اتخاذ الإجراءات العاجلة بتخفيض معدلات الملوثات الغازية سيزيد من فرص التعرض لمخاطر التأثيرات الحادة الناتجة عن تغير المناخ.

كما قدر الفريق الحكومي الدولي متوسط الزيادة الحالية في درجات الحرارة العالمية بحد أقصى قدره ٢،٤ درجة مئوية فوق مستويات ما قبل عصر الصناعة، هذا في الوقت الذي تشير فيه التوقعات إلى ارتفاع معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة مستقبلاً، بالتوازي مع ارتفاع معدلات إنتاج استهلاك الطاقة اعتماداً على مصادر الوقود الأحفوري، وبالتالي فإن هذا يتطلب ضرورة تحقيق انخفاض في نسبة الانبعاثات

(1) WEC : "The Energy Industry Unveils Its Blueprint For Tackling Climate Change', ibid, p. 1.

فيما بين ٥٠ و٨٥%، عن مستويات عام ٢٠٠٠م بحلول عام ٢٠٥٠م، وهذا أكد عليه أيضاً تقرير التنمية البشرية الصادر عام ٢٠٠٨/٢٠٠٧م.(١)

وبناء على ما سبق يتضح وجود تشابك كبير بين الأولويات المتنافسة، والممثلة في: – أولويات التنمية الاقتصادية وأمن الطاقة من ناحية وقضايا الصحة والأمان وحماية البيئة من ناحية أخرى. كما اتضح أيضاً أن معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة تتزايد في الغلاف الجوى بالتوازي مع زيادة معدلات إنتاج واستهلاك الطاقة، اعتماداً على مصادر الوقود الأحفوري، وقد تبين أن هذه الملوثات تتجاوز الحدود الوطنية والإقليمية للدول، وبالتالي فإن الأمر يتطلب التزاماً دولياً بتخفيض معدلات انبعاثات الغازات الملوثة للبيئة.(٢)

❖ ولمواجهة كل هذه التحديات، يثور التساؤل عن أهم الحلول المطروحة على طاولة البحث لحل هذه المشكلات؟

يرى البعض(٣) ضرورة إشراك مصادر الطاقة النظيفة كمصادر الطاقة الجديدة والمتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية أو تيارات المحيطات (المد والجذر). وقد أجريت بالفعل الكثير من عمليات البناء والتطوير لمحطات تعمل بالطاقة الشمسية وطاقة الرياح حول العالم خلال السنوات القليلة الماضية. وعلى الرغم

(1) Squassoin (S.) : "Nuclear energy; rebirth or resuscitation', ibid, p. 17.

(2) USEC : "The Outlook for Nuclear Development: Implications for Asian Energy Security', Presented at The Atlantic Council Conference on U.S.-Japan Energy Cooperation to Help Achieve Sustainable Development in Asia, Washington, DC, November 16, 2000, p. 1, Available at; http://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1559-3584.1949.tb05323.x/pdf

(3) Johnston (D.) : "Sustainable energy for future generations', ibid, p. 6.

من أهمية هذه المصادر في توليد الطاقة، إلا أنه من المرجح أن تظل هذه المصادر غير كافية إلى حد كبير لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة، وبالتالي وبحسب رأى البعض، إذا ما أردنا مساعدة الأجيال المقبلة في تلبية احتياجاتهم من الطاقة مع الحفاظ على البيئة، فإنه من الضروري دمج خيارات الطاقة النووية ضمن مصادر توليد الطاقة الحالية.

حيث إن الطاقة النووية هي أساساً طاقة خالية من الكربون وتساهم في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة الملوثة للغلاف الجوي المحلي، والمحفزة أيضاً على انتشار ظاهرة الاحتباس الحراري.(١) فالطاقة النووية تنتمي إلى مجموعة من مصادر الطاقة والتكنولوجيات النظيفة المتاحة اليوم، والممثلة في الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح، التي تنتمي إلى تقنيات منخفضة الكربون، فالمصدر النووي بجانب هذه المصادر يمكن أن يساعد في مواجهة تحدي تغير المناخ فضلاً عن تحديات أمن إمدادات الطاقة.(٢)

وفي المقابل فإن محطات توليد الطاقة المعتمدة في تشغيلها على مصادر الوقود الأحفوري وخاصة الفحم، يتولد عنها نسب عالية جداً من انبعاثات الغازات الدفيئة، حيث تشكل النسبة الأكبر مقارنة بنسب الانبعاثات المنتجة عن محطات توليد الطاقة الأخرى (انظر الشكل ٣٣). وتتفق هذه النتائج مع معظم نتائج الدراسات المقارنة الصادرة عن العديد من المؤلفين وبعض المنظمات الدولية.(٣)

---

(1) OECD : "Nuclear Energy in a sustainable Development Perspective', 2000, P. 8, Available at; http://www.nea.fr/ndd/docs/2000/nddsustdev.pdf

(2) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 1.

(3) Andre (H.) :"Nuclear power and Alberta", Nuclear Power Expert Panel, Feb. 2009, p. 28, Available at; http://www.energy.alberta.ca/Electricity/pdfs/NuclearPowerReport.pdf

وبناء عليه، فلكي يتحقق استقرار في نسب انبعاثات الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، فإن الأمر سيتطلب تحقيق تخفيضات هامة في معدل الانبعاثات الصادرة عن المحطات الكهربائية المعتمدة في تشغيلها على الوقود الأحفوري، ولن يتأتي ذلك إلا من خلال أحد أمرين هما: اعتماد مبدأ كفاءة الطاقة ؛ من خلال تطوير نظم وأداء الطاقة المستخدمة حالياً، والتوسع في استعمال تقنيات الطاقة البديلة والممثلة في الطاقة النووية والطاقة المتجددة.(١)

وهذا ما تؤكده العديد من الدراسات، على أن الطاقة النووية تمثل حالياً حوالي ١٦٪ من الكهرباء المولدة عالمياً، ولا ينتج عنها أية انبعاثات لملوثات من ثاني أكسيد الكبريت أو أكاسيد النيتروجين أو المركبات العضوية المتطايرة أو الغازات المسببة للاحتباس الحراري (الغازات الدفيئة).(٢)

فسلسلة محطات الطاقة النووية كاملة، بدءًا من عمليات استخراج وتعدين الوقود النووي (اليورانيوم) ومروراً بعمليات البناء للمحطات النووية وتشغيلها وانتهاءً بتفكيك المفاعلات وتخزين المخلفات النووية،(٣) لا ينبعث عنها سوى حوالي ٤،٤ طن

(1) IAEA : "Nuclear Energy and sustainable Development', Printed by the IAEA in Austria April 2006, p. 14, Available at; http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/06-13891_NP&SDbrochure.pdf

(2) IAEA : "Nuclear Power and Sustainable Development', Maintaining and increasing the overall assets available to future generations, 2007, p. 1, Available at;
http://www.iaea.org/Publications/Factsheets/English/sustain.pdf

(3) IAEA : "International Status and Prospects of Nuclear Power', 2008, p. 24, Available at;
http://www.iaea.org/Publications/Booklets/NuclearPower/np08.pdf

من مكافئ الكربون لكل جيجا وات كهرباء، مقارنة بـ٢٤٣ طن من مكافئ الكربون لكل جيجا وات كهرباء ناتجة عن محطات الفحم، و٩٧ طن بالنسبة لمحطات الغاز الطبيعي.[١] لذا فإنه يستشهد بالطاقة النووية على أنها بديل تقني إيجابي، حيث أنه لا ينتج عنها انبعاثات للغازات الدفيئة، وهذا أعطاها قيمة اقتصادية كبرى خاصة عندما دخلت معاهدة كيوتو حيز التنفيذ في فبراير ٢٠٠٥م.[٢]

وقد أدى استخدام الطاقة النووية على مدى السنوات الـ٥٠ الماضية إلى تفادي إنتاج كميات كبيرة من انبعاثات الغازات الدفيئة في ٣٠ دولة حول العالم. كما تبين أيضاً أن نسبة الانبعاثات التي تم تفاديها من خلال استخدام محطات الطاقة النووية تعادل كمية الانبعاثات المتجنبة من خلال استخدام محطات الطاقة الكهرومائية. كما يمكن تفادي المزيد من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون باستعمال المزيد من مصادر الطاقة النظيفة بجانب الطاقة النووية – كما هو الحال بالنسبة لمصادر الطاقة المتجددة (كالطاقة المائية والرياح...) في توليد الكهرباء حول العالم (انظر الشكل ٢).[٣]

كما يبين الشكل (٢) الاتجاهات التاريخية لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن قطاع توليد الطاقة عالمياً، وكميات الانبعاثات التي تم تفاديها من خلال استخدام العديد من مصادر الطاقة النظيفة، كالطاقة النووية والطاقة الكهرومائية

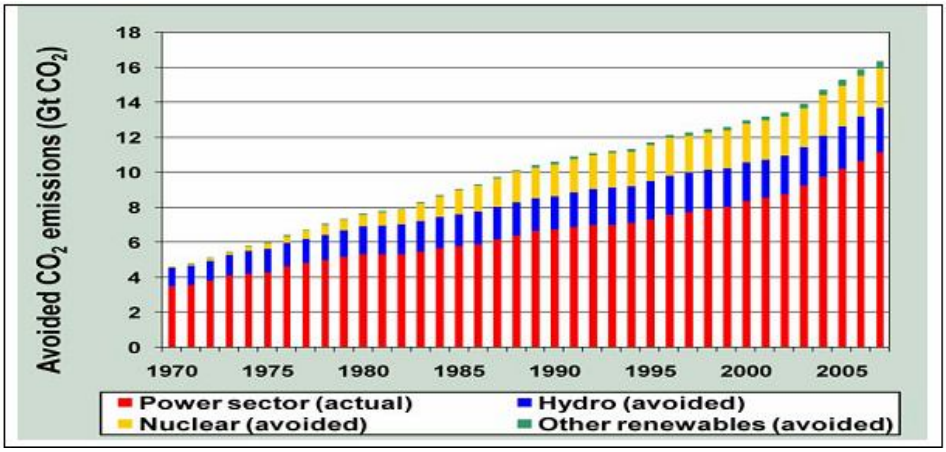
(1) SDC : "Sustainable Development Commission, The role of nuclear power in a low carbon economy - position paper 1', March 2006, p. 5, Available at; http://www.sd-commission.org.uk/data/files/publications/SDC-NuclearPosition-2006.pdf

(2) IAEA : "International Status and Prospects of Nuclear Power', 2008, p. 24.

(3) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 10.

وغيرها من تكنولوجيات الطاقة الجديدة والمتجددة خلال سنة معينة. كما يساهم هذا الشكل أيضاً، في توضيح نسبة مساهمة هذه المصادر الثلاثة في إظهار حجم الانبعاثات الكربونية المنتجة عالمياً، في غياب أي من هذا المصادر الثلاثة أو في حالة غيابها مجتمعة.

الشكل (٢): نسب الانبعاثات الكربونية التي تم تفاديها عالمياً في قطاعات توليد الكهرباء ، بفضل استعمال تقنيات الطاقة المنخفضة الكربون (الطاقة النووية – والمائية – وغيرها من مصادر الطاقة المتجددة):



Source: IAEA ; "Climate Change and Nuclear Power', Department of Nuclear Energy 2009, (a), p. 10, Available at; http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/09-43781_CCNP-Brochure_E.pdf

على سبيل المثال، تجاوزت نسبة انبعاثات غاز ثاني الكربون المنتجة عالمياً من قطاع توليد الكهرباء حوالي ١١،١ طن من غاز ثاني أكسيد الكربون في (٢٠٠٧م)، ولكن هذه النسبة كان من الممكن أن تكون بحدود ١١،٦ طن ثاني أكسيد الكربون خاصة في حالة غياب مصادر الطاقة المتجددة (باستثناء المصادر المائية)، و١٣،٧

طن في حالة غياب مصادر الطاقة المائية، و١٣،٤ طن في ظل عالم خال من الطاقة النووية، وحوالي تقريباً ١٦،٤ طن من غاز ثاني أكسيد الكربون في ظل غياب هذه المصادر مجتمعة.(١)

هذا وتشير بعض الدراسات إلى أن استخدام الطاقة النووية يجنب بلدان الاتحاد الأوربي حوالي ٥٠٠ مليون طن سنوياً من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. وهذه النسبة الكبيرة من الانبعاثات التي تم تفاديها، كانت تنتج عن حرق الوقود الأحفوري بكميات هائلة في محطات توليد الطاقة لتوليد نفس الكمية المتولدة عن محطات الطاقة النووية في بلدان الاتحاد الأوربي. فضلاً عن ذلك، فإن المصدر النووي لا يصدر عنه أية انبعاثات لغاز ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين، والمتسببين في تساقط المطر الحمضي وتلوث الهواء.

وبالتالي فإن المصدر النووي يساهم بدور كبير في تجنيب أوربا الغربية حوالي ستة ملايين طن من غاز ثاني أكسيد الكبريت، وثلاثة ملايين طن من أكاسيد النيتروجين سنوياً. وفي ظل غياب المصدر النووي في مزيج قطاع الطاقة، فإنه من المؤكد أن نسبة الملوثات من ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين سترتفع في قطاع توليد الطاقة لتصل إلى حوالي ١٠٠٪ و٩٥٪ على التوالي.(٢)

---

(1) Ibid, p. 11.

(2) FORATOM : "Nuclear energy's contribution to sustainable development", for tomorrow, 2005, p. 3, Available at; http://www.iea-etsap.org/web/.../CASCADE-MINTS-nuclear-c05085.pdf

ولذلك نشر الاتحاد الأوربي في مارس ٢٠٠٦م، الورقة الخضراء (Green Paper)، والتي أكد فيها على أن أوروبا لن تكون قادرة على إحداث أي تأثير هام على تخفيض نسبة الانبعاثات الكربونية بدون الاعتماد على الطاقة النووية.(١)

ومن جهة أخرى، فإن بناء محطة كهرباء مشغلة بالفحم بقدرة ٧٠٠ ميجا وات، يساهم في إنتاج حوالي ٤،٥ مليون طن من الانبعاثات الكربونية سنوياً، فإذا ما تم إحلال مفاعل نووي محل تلك المحطة (الفحم)، فإن هذا من شأنه المساهمة تفادى هذه الكمية من الملوثات الكربونية.(٢)

فالصين والهند على سبيل المثال، يستمدان أغلب طاقتهما من الطاقة المتولدة عن المحطات المشغلة بالفحم والكتلة العضوية. واليوم تعتبر كل من الصين والهند من بين ثمانية بلدان الأكثر تلوثاً في العالم. ويصدر عن كلتا الدولتين أكثر من مليار طن من الملوثات الكربونية سنوياً، أي أكثر مما تنتجه كل بلدان أوربا الغربية من ملوثات. هذا ومن المتوقع تضاعف حجم تلك الملوثات خلال العقد الحالي.(٣)

أما على الصعيد العالمي، فتجنب الطاقة النووية حالياً حوالي ٦٠٠ مليون طن من انبعاثات الكربون سنوياً، وهي تشكل تقريباً نفس الكمية التي تتفاداها الطاقة

(1) WEC : "The Role of Nuclear Power in Europe', Executive Summary Conseil Mondial de l'Energie 2007, p. 4, Available at; http://www.wec-france.org/Nucleaire.pdf

(2) Pearson (B.) : "The Clean Development Mechanism; an instrument for sustainable development or a new nuclear subsidy', Greenpeace Organization, 2003, p. 2, Available at; http://www.archive.greenpeace.org/nuclear/cdm.pdf

(3) USEC : "The Outlook for Nuclear Development: Implications for Asian Energy Security', ibid, p 1.

الكهرومائية سنوياً. كما أنها تعادل حوالي ٨% من إجمالي انبعاثات الغازات الدفيئة الحالية الناتجة حول العالم. وقد شكلت الطاقة النووية في بلدان منظمة التعاون والتنمية على مدى الـ٣٥ عاماً الماضية، انخفاضاً كبيراً في كثافة الكربون لكل وحدة من الطاقة تم إنتاجها خلال تلك الفترة.(١)

وهذا ما يردده بعض أنصار الطاقة النووية، من أمثال (كريستين تود ويتمان وباتريك مور)*، بأن الطاقة النووية هي طاقة صديقة للبيئة ولا تقل أهمية عن غيرها من مصادر الطاقة المتجددة، بل وجعلها جزءاً من الحل لمشكلة الاحتباس الحراري ولمواجه النمو الحالي للطلب العالمي من الطاقة. كما أشار روبرت برايس بالقول بأن مستقبل توليد الطاقة ستهيمن عليه الطاقة النووية لا محالة لكونها متفوقة على غيرها من مصادر توليد الطاقة الأخرى، ...

وذلك نظراً للاعتبارات التي سبقت الإشارة إليها في الفصل التمهيدي، ومنها كثافة الطاقة الإنتاجية لهذه الصناعة، فضلاً عن كونها مصدراً موثوقاً به، كما أنها تحتاج إلى مساحات محدودة من الأراضي على خلاف محطات توليد الطاقة الأخرى، وأنها تعتبر مصدراً لطاقة منخفضة الكربون. ولذلك أطلق البعض على المصادر النظيفة للطاقة ومن ضمنها الطاقة النووية مصطلح "الطاقة الخضراء"؛ نظراً لأنها مصادر صديقة للبيئة وغير ملوثة، مثل مصادر الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية والرياح والطاقة الحرارية الأرضية والمائية.(٢)

---

(1) IAEA : "Nuclear Power and Sustainable Development', Maintaining and increasing the overall assets available to future generations, 2007, p. 1, Available at; http://www.iaea.org/Publications/Factsheets/English/sustain.pdf

* وهما أحد المشاركين في تحالف من أجل الطاقة النظيفة والآمنة.

(2) Wikipedia : "Sustainable energy', the free encyclopedia, 26 September 2010, Available at; http://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_energy

كما تشير التقارير الصادرة عن شركة أريفا إلى أن الطاقة النووية تساهم حالياً في خفض نسبة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون العالمية بنسبة ١٠%، ومن المرجح أنه عند تقدير حجم الانبعاثات الصادرة عن محطات الطاقة العاملة بالفحم، إذا أريد لها أن تحل محل جميع محطات الطاقة النووية القائمة، فإنها سوف تصدر نحو ٢،٢ مليار طن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً.

كما أن هناك تقديرات أخرى تشير إلى أن تشغيل محطة نووية بقدرة ١ جيجا وات كهرباء تشغل بحوالي ٩٠% من طاقتها الإنتاجية، يمكن أن تجنب انبعاثات تقدر بـ١،٥ مليون طن متري من الكربون سنوياً، إذا ما تم إحلال هذه المحطة محل محطة كهرباء تعمل بالفحم، وبناءً عليه فإن محطات الطاقة النووية الحالية توفر أو تجنب حوالي ٥٥٦ مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً.(١)

وقد أجرت العديد من الدراسات – مقارنات عدة بين الدول المستخدمة للطاقة المعتمدة في توليدها على المصادر الأحفورية (كالنفط والفحم والغاز الطبيعي)، والدول المعتمدة على المصادر النووية والطاقة المتجددة، وقد اتضح من هذه المقارنات أن الدول الأكثر استخداماً للطاقة من مصادر أحفورية تعتبر من أكثر الدول تلويثاً للبيئة، كما هو الحال في الصين والهند وأستراليا والولايات المتحدة.

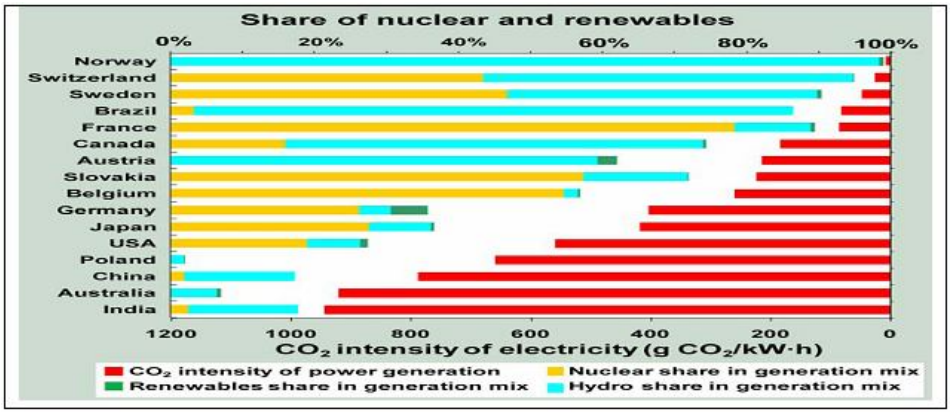
وعلى عكس الحال بالنسبة للدول التي تعتمد بصورة كبيرة على مصادر الطاقة النظيفة، مثل الطاقة النووية ومصادر الطاقة المائية وغيرها من مصادر الطاقة المتجددة. على سبيل المثال، تولد كل من النرويج والبرازيل حوالي ٨٠٪ أو أكثر من احتياجاتهما من الكهرباء من الطاقة المائية، كما تساهم الطاقة النووية في العديد من

(1) Squassoin (S.) : "Nuclear energy; rebirth or resuscitation', ibid, pp. 19 - 20.

الدول بنسب لا يستهان بها، كفرنسا وسويسرا والسويد، مما كان له بالغ الأثر في الحد من معدلات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في تلك الدول (أنظر الشكل ٣).[١]

ومن جهة أخرى، أعلنت العديد من الحكومات من بينها الحكومة البريطانية عن نواياها بالاتجاه نحو تخفيض معدلات انبعاث الغازات الدفيئة، وستعتمد حكومات هذه الدولة في تحقيق هذا الهدف على المصدر النووي، وقد أعلنت الحكومة البريطانية في (٢٠٠٣م)، عن خطتها بتخفيض نسبة الملوثات الغازية بحوالي ٦٠% عن مستويات عام ١٩٩٠م بحلول عام ٢٠٥٠م.[٢]

الشكل (٣): دور مصادر الطاقة النووية والمتجددة في الحد من معدلات الانبعاثات الكربونية في العديد من الدول.



Source: IAEA ; "Climate Change and Nuclear Power', Department of Nuclear Energy 2009, (a), p. 11, Available at; http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/09-43781_CCNP-Brochure_E.pdf

(1) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 11.

(2) SDC : "Sustainable Development Commission, The role of nuclear power in a low carbon economy - position paper 1', ibid, p. 6.

وقد قدر حجم الملوثات الكربونية في المملكة المتحدة في عام ١٩٩٠م بحوالي ١٦٥،١ مليون طن من الكربون (MtC)، وتهدف خطة المملكة المتحدة إلى تخفيض مستوى الانبعاثات لتصل إلى معدل سنوي قدره ٦٦ مليون طن من الكربون بحلول عام ٢٠٥٠م. وتبين الأرقام الأخيرة أن مستوى الانبعاثات الحالية يقف عند حوالي ١٥٨،٥ مليون طن من الكربون، كما اقترح بعض العلماء في الآونة الأخيرة – في بريطانيا – ضرورة زيادة نسبة التخفيضات من مستوى انبعاثات الكربون في هذا البلد لحوالي ٨٠٪ وهو ما يترجم إلى تخفيض قدره ٣٣ مليون طن من انبعاثات الكربون سنوياً بحلول ٢٠٥٠م.(١)

وتشير العديد من الدراسات الحديثة إلى أن الكهرباء المولدة من الطاقة النووية تسهم في الوقت الحالي في تجنيب المملكة المتحدة حوالي ١٤ مليون طن من انبعاثات الكربون سنوياً.(٢)

وتخطط الولايات المتحدة حالياً لبناء مائة مفاعل نووي جديد بحلول ٢٠٣٠م. وهذا من شأنه أن يساهم في رفع قدرة التوليد النووية إلى الضعف، بحيث تصبح ٤٠% من إجمالي توليد الكهرباء في الولايات المتحدة بدلاً من ٢٠% من إجمالي القدرة في هذا البلد، وبالتالي فإنه يمكن تخفيض استخدام الفحم بحيث يتحول إسهامه لحوالي ٢٥% فقط، وهذا يعني أن المحطات القديمة المشغلة بالفحم التي اقترب عمرها الافتراضي من الانتهاء، لن يتم التجديد لها. والغاز الطبيعي يمكن أن يبقى في حدود ٢٠%،

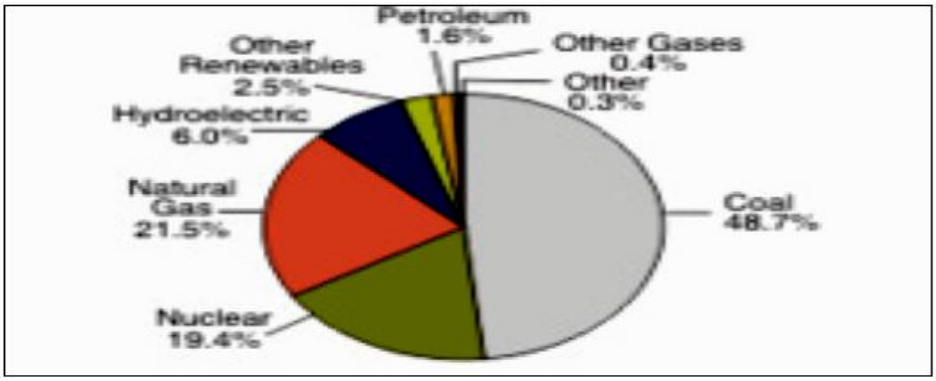
---

(1) SDC : "Sustainable Development Commission, The role of nuclear power in a low carbon economy Paper 2: Reducing CO2 emissions - nuclear and the alternatives', An evidence-based report by the Sustainable Development Commission, March 2006, p. 29, Available at; http://www.sd-commission.org.uk/.../Nuclear-paper2-redu.pdf

(2) SDC : "Sustainable Development Commission, The role of nuclear power in a low carbon economy - position paper 1', ibid, p. 6.

والكهرباء المولدة عبر المصادر المائية في حدود ٨%، وطاقة الرياح والطاقة الشمسية ومصادر الطاقة المتجددة الأخرى يمكن رفعها إلى حوالي ١٠%، وبناء عليه فإنه سيكون للولايات المتحدة بحلول عام ٢٠٣٠م قطاع كهربائي (نظيف) لا يتخلف عنه سوى أقل من نصف كربون اليوم (انظر الشكل ٤).[١]

الشكل (٤): قدرات توليد الطاقة الحالية في الولايات المتحدة من مصادر توليد الطاقة المختلفة.



Source: Alexander (L.) ; "How Nuclear Power Can Produce Enough Clean, Cheap, Reliale, American Energy To Create Jobs, Clean The Air, And Solve Global Warming - Senate Republican Conference blueprint For 100 New Nuclear Power plants In 20 Years', Pre-Publication Copy, July 2009, p. 27, Available at;

http://www.coal2nuclear.com/100%20New%20Nuclear%20Power%20Plants%20in%2020%20Years.pdf

(1) Alexander (L.) : "How Nuclear Power Can Produce Enough Clean, Cheap, Reliale, American Energy To Create Jobs, Clean The Air, And Solve Global Warming - Senate Republican Conference blueprint For 100 New Nuclear Power plants In 20 Years', Pre-Publication Copy, July 2009, p. 27, Available at; http://www.coal2nuclear.com/100%20New%20Nuclear%20Power%20Plants%20in%2020%20Years.pdf

وعلى الرغم من أهمية الدور الذي تلعبه الصناعة النووية في الحد من ظاهرة الاحتباس الحراري ومن ثم الحد من التغيرات المناخية، فإنه لا توجد حالياً آليات للتوسع في استخدام الطاقة النووية من أجل تحقيق الأهداف البيئية للتنمية المستدامة، بل يفرض على هذه الصناعة المزيد من القيود بما يقوض جهود التوسع في هذه الصناعة، مما يقوض أيضاً الجهود الدولية في التعامل مع ظاهرة الاحتباس الحراري.

ومن هنا يرى البعض ضرورة اعتراف المجتمع الدولي بأن الطاقة النووية ستكون وسيلة فعالة للمساهمة في احتواء الزيادة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، كما ينبغي توفير الآليات الملائمة لمواصلة مشاريع الطاقة النووية – على وجه الخصوص – وضع منهجية أو آلية جديدة تهدف إلى تعزيز دور الطاقة النووية في الجهود المبذولة لمعالجة ظاهرة الاحتباس الحراري في الجولة الجديدة من المفاوضات.[١]

وأخيراً، استطاعت الطاقة النووية في السنوات الأخيرة جذب اهتمام العامة ورجال السياسة، نظرا لدورها المحتمل في الاستراتيجيات طويلة المدى الهادفة إلى الحد من مخاطر ظاهرة الاحتباس الحراري على مستوى العالم، كما أنها قادرة على تحقيق الاستدامة البيئية. ورغم كل ذلك، فإنه عند الحديث عن بناء مشروع للطاقة النووية تثار العديد من المخاوف بشأن المخاطر المرتبطة بإمكانية حدوث تسرب إشعاعي في حالة وقوع حادث نووي، فضلاً عن قضايا المخلفات النووية وقضايا انتشار الأسلحة النووية.[٢]

---

(1) JIIA : "Atoms for the Sustainable Future: Recommendations on Nuclear Energy in the 21st Century", January 2008, p. 5. Available at; http://www2.jiia.or.jp/en/pdf/polcy_report/pr20080109_proposal.pdf

(2) Ramon Ramirez (J.), et-al : "Nuclear Energy and Social Impact", ibid, p. 1.

المبحث الثاني

دور الطاقة النووية في مواجهة قضايا تغير المناخ

لقد أصبح الحفاظ على بيئة كوكب الأرض أحد أكبر التحديات التي تواجه عصرنا الحالي، وذلك نتيجة لزيادة معدلات إنتاج واستهلاك الطاقة ؛ لمواكبة متطلبات الزيادة السكانية المتوالية والنمو الصناعي في الكثير من الدول وخاصة الدول حديثة النمو، والذي سبب إجهاداً مفرطاً لأنظمة البيئية ومواردها الطبيعية. وقد أجريت دراسة أعدتها الأمم المتحدة بمشاركة ١٣٥٠ خبيراً على مستوى العالم، توضح بالتفصيل خطورة التحديات التي تواجه البشرية، ويعد من أهمها مشكلة التغيرات المناخية والآثار الناتجة عنها ممثلة في النقص في إمدادات المياه والتصحر والتهديدات التي تواجه موارد الأرض،...إلخ.(١)

ويعد العامل الرئيسي في إحداث التغيرات المناخية هو انتشار الملوثات الكربونية الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري بكميات كبيرة، المتسببة في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري، وذلك على النحو الذي سبق ذكره، ومن المتوقع أن تساهم الطاقة النووية في الجهود العالمية الرامية إلى التعامل مع مشكلة الاحتباس الحراري، حيث تنتج غازات أقل بكثير من تلك الصادرة أو الناتجة عن مصادر توليد الطاقة الأخرى، خاصة المعتمدة في تشغيلها على الوقود الأحفوري.

ولذلك تعتبر الطاقة النووية واحدة من أهم مصادر توليد الطاقة الأكثر فاعلية في عصرنا الحالي ؛ نظراً لكونها أحد المساهمين الكبار في مواجهة أمن إمدادات الطاقة

(١) أنّا ماريا سيتو ـ وفيرنر بوركات، "البيئة في بؤرة الاهتمام"، مرجع سابق، ص ص٧.

والتحديات البيئية الناتجة عن زيادة انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، الناتجة في معظمها عن زيادة معدلات إنتاج الطاقة من مصادر أحفورية، وبالتالي فإن تعزيز وتقوية دور الطاقة النووية على الصعيد العالمي من شأنه أن يوفر وسيلة فعالة للتعامل مع هذه التحديات، وتحقيقاً لهذه الغاية فإن الأمر يتطلب تعميق وتوسيع نطاق التعاون الدولي في هذا المجال.(١)

وتتزايد المخاوف الحالية بشأن القدرة على تفادي النتائج المضادة لتغير المناخ والتي زادت بشكل ملحوظ خلال السنوات الخمس الماضية، في الوقت الذي ما زال فيه عدد من الدول – وخاصة الدول الأكثر تلويثاً للعالم – خارج إطار الاتفاقيات الدولية المتعلقة بمواجهة التغيرات المناخية، وتأتي في مقدمتها الولايات المتحدة، على الرغم من تعهد الرئيس أوباما بمواصلة العمل لمواجهة تحدي تغير المناخ.

كما لم توقع العديد من الدول ذات الاقتصاديات الصاعدة، مثل الصين والهند وإندونيسيا والمكسيك على هذه المعاهدات، ولا يعرف بالتحديد متى وكيف سيتبنون تطبيق قيود خفض انبعاثات الغازات الدفيئة، وبالتالي فإن زيادة معدلات استهلاك الطاقة على هذا النحو سيساهم في تصاعد نسبة انبعاثات الغازات الدفيئة عالمياً، والمسببة لظاهرة للاحتباس الحراري، ومن ثم التغيرات المناخية. وبالتالي فإن من الضروري تبني المزيد من السياسات ومنها مبدأ كفاءة الطاقة، فضلاً عن نشر وتطبيق مصادر الطاقة ذات الكربون المنخفض وفي مقدمتها الطاقة النووية.(٢)

---

(1) JIIA : "Atoms for the Sustainable Future: Recommendations on Nuclear Energy in the 21st Century", ibid, p. 1.

(2) Deutch (J.), et-al : "Update of the MIT 2003 future of nuclear power", Massachusetts Institute of Technology, An interdisciplinary MIT Study, 2009, p. 4, Available at; http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclearpower-update2009.pdf

وقد عقدت العديد من المؤتمرات الدولية، منها مؤتمر عقدته المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)، وكذلك مؤتمر قمة مجموعة الدول الثماني الكبرى في عام (٢٠٠٧م)، وتطرقت هذه المؤتمرات إلى التأكيد على أن الاستعمال التجاري للتقنيات النووية الجديدة سيساهم في تحقيق العديد من الأهداف الهامة منها: تحقيق أمن إمدادات الطاقة على المستوى العالمي، مع تخفيض نسبة انبعاثات الغازات الدفيئة بشكل متزامن، كما أنها تخاطب تحدي تغيير المناخ.(١)

- النتائج المترتبة على التغيرات المناخية:

(أ) إمكانية تأثر الأوضاع البيئية والأيكولوجية سلباً بالتغيرات المناخية:

يترتب على التغيرات المناخية العديد من النتائج الخطيرة مثل: إمكانية حدوث موجات جفاف في مناطق كبيرة من العالم مما يؤدي إلي زيادة تعرض مئات الملايين من الناس لزيادة الضغط على مصادر المياه، وعلى الجانب الزراعي يتوقع أن تنخفض إنتاجية المحاصيل الزراعية، وخاصة إنتاجية الحبوب؛ نظراً لتغير الظروف المناخية المناسبة لنموها. كما ستتأثر الأنظمة البيئية الطبيعية (الإيكولوجية) سلباً، حيث أن حوالي ٣٠٪ من أنواع الحيوانات ستكون مهددة بالانقراض، خاصة الموجودة منها في الأماكن البرية.

أما عن البيئة البحرية، فيتوقع أيضاً تأثرها سلباً، حيث يتوقع زيادة تبيض المرجان في المحيطات. بالإضافة إلى تضرر المناطق الساحلية نتيجة ارتفاع مستوى

(1) Kergan (E.) & Decker (E.) : "The economics of nuclear energy markets and the future of international security', working paper # 2008 -01-08, Wharton - University of Pennsylvania, p. 17, Available at; http://opim.wharton.upenn.edu/risk/library/WP2008-0108,EMK,DD_ENEM.pdf

منسوب مياه سطح البحر فضلاً عن زيادة معدلات حدوث الفيضانات والعواصف. كما ستتأثر الصحة الإنسانية أيضاً بالسلب، وخاصة في الدول الأقل نمواً، نتيجة العبء المتزايد الناتج عن سوء التغذية وانتشار الأمراض، كأمراض الإسهال والأمراض القلبية والتنفسية والأمراض المَعِدية، كما أنه من المتوقع زيادة معدلات الاعتلال والوفيات الناجمة عن الفيضانات وموجات الحر والجفاف في السنوات القادمة.(١)

كما سيؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى نتائج بعيدة المدى مثل انصهار جليد القبتين الجليديتين في القطبين الشمالي والجنوبي، وكذلك انحسار خط الجليد على قمم الجبال وتدهور حالة الثلاجات العملاقة وانصهارها، وارتفاع مستوى سطح البحر وستصبح بعض المناطق أكثر أمطاراً عن ذي قبل، ولكن التربة ستجف نظراً لارتفاع درجة الحرارة فيما بين الفترات المطيرة، الأمر الذي سيؤدي إلى تلفها ودمارها وتدهور المحاصيل واضطراب الإمدادات الغذائية، خاصة في كثير من مناطق العالم النامي.(٢)

ولذلك يرى الفريق الحكومي الدولي من خلال إحدى الدراسات التي أعدها، أنه من الضروري البحث وراء كافة الأسباب المؤدية إلى انتشار ظاهرة الاحتباس الحراري، وقد أظهرت الكثير من الدراسات أن الاعتماد على مصادر الوقود الأحفوري في توليد الطاقة يعد العامل الأبرز من بين العوامل المؤدية إلى ذلك، على النحو الذي سبق الإشارة إليه، ويري هذا الفريق ضرورة استبدال مصادر توليد الطاقة الملوثة للبيئة المعتمدة في تشغيلها على مصادر أحفورية بأخرى نظيفة كما هو الحال مع

---

(1) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 4.

(٢) د. فتح الله الشيخ، "قضايا علمية معاصرة"، سلسلة العلوم والتكنولوجيا، دار العين للنشر، طبعة خاصة بمكتبة الأسرة ٢٠٠٧م، ص ٨٥.

مصادر الطاقة النووية ومصادر الطاقة المتجددة، وذلك من أجل التخفيف من معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة، وهذا التخفيف يستند على إزاحة مصادر الوقود الأحفوري من قائمة توليد الكهرباء.

ويؤكد هذا الفريق على قدرة الطاقة النووية في التخفيف من حجم الانبعاثات الكربونية، بما ينعكس بالإيجاب على وضع المناخ العالمي، ولن يتحقق ذلك إلا من خلال زيادة حصتها الحالية من ١٦% من إجمالي الطاقة العالمية في (٢٠٠٥م)، إلى ١٨% بحلول عام (٢٠٣٠م). وتعتبر هذه الزيادة المتطلبة في حصة الطاقة النووية من إجمالي الطاقة العالمية زيادة بسيطة، بالمقارنة بحجم الزيادة الكبيرة التي شهدتها هذه الصناعة خلال فترة السبعينات من القرن الماضي؛ نظراً للنمو السريع في عمليات البناء للمحطات النووية خلال تلك الفترة.(١)

وبناء عليه، يرى البعض أنه لو تم السير في اتجاه إحلال المصادر النظيفة للطاقة كالطاقة النووية، محل المصادر الملوثة للبيئة كالطاقة المعتمدة في تشغيلها على الوقود الأحفوري، منذ بداية عصر الطاقة النووية، لكان من الممكن أن تحقق هذه الأخيرة إسهاماً عظيماً في التخفيف من حجم الملوثات الكربونية، ومن ثم التخفيف من ظاهرة الاحترار العالمي.

وكان معظم هذا التوسع في القدرة النووية حادثاً في فترة السبعينات ومطلع الثمانينات من القرن الماضي، وذلك بهدف الإحلال محل مصادر توليد الطاقة النفطية، إلا أنه كان من الأجدر أن تحل محل الفحم بدلا من النفط والغاز، حيث أن لهذين المصدرين الأخيرين نسبة انبعاثات أقل من الفحم. وكان الأساس المنطقي للاستثمار في

(1) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 13.

الطاقة النووية في ذلك الوقت على وجه التحديد، هو الارتفاع الذي شهدته أسعار النفط حول العالم، مع الانخفاض الكبير لحجم الواردات من هذا المصدر.(١)

ومن هنا، كان الدافع وراء سيناريوهات معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، الواردة في دراسة ٢٠٠٣م حول مستقبل الطاقة النووية، هو القلق من أن الطاقة النووية لن تكون خياراً قابلا للتطبيق للمساعدة في تخفيف آثار تغير المناخ، إلا إذا حدث توسع كبير في هذه الصناعة، وذلك من خلال بناء مزيد من محطات الطاقة النووية، وتقدر هذه الدراسة إمكانية تحقيق مستويات تقدر بحوالي ١٠٠٠ إلى ١٥٠٠ جيجا وات كهرباء كتوسع بحلول عام ٢٠٥٠م. هذه المستويات من التوسع تتطلب بناء ما يقدر بحوالي ٣٢ إلى ٤٥ مفاعلاً في السنة.(٢)

كما تتوقع رابطة الطاقة النووية العالمية اكتمال مشاريع البناء لستة وخمسين مفاعلاً بحلول عام ٢٠١٤م، بطاقة إنتاجية تقدر بحوالي ٥٤ جيجا وات كهرباء صافية تضاف إلى القدرة الحالية، وهذا يعني أن عمليات البناء تتم بمتوسط ثمانية مفاعلات في السنة. هذا يعد أبطأ معدل للانتشار النووي. وعليه، فمن الضروري بناء عدد أكبر من المفاعلات النووية في وقت لاحق لتحقيق مستويات أعلى للحد من انبعاثات الكربون.(٣)

---

(1) Ibid, p. 10.

(2) Squassoin (S.) : "Nuclear energy; rebirth or resuscitation', ibid, p. 25.

(3) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 5.

كما يرى البعض أيضاً، أن مواجهة التغيرات المناخية يتطلب ضروري اتباع بعض الإجراءات الهامة – منها ضرورة التحول في استخدام الوقود (من المصادر الملوثة إلى المصادر النظيفة) وكذلك وسائل النقل (من الخاصة إلى العامة كالسكك الحديدية) في قطاع النقل، وإعادة تدوير المواد واستبدالها في الصناعة، وتحسين إدارة الأراضي والتقنيات الزراعية وزراعة المحاصيل المنتجة للطاقة، وتحسين كفاءة استخدام الطاقة، وزيادة استخدام مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية، =

(ب) التأثير المحتمل للتغيرات المناخية على استدامة نظم الطاقة:[١]

للتغيرات المناخية تأثير كبير على استدامة نظم الطاقة. على سبيل المثال، المياه تعتبر ضرورية لتشغيل كل من محطات توليد الطاقة الكهرومائية والطاقة النووية. كما أن انخفاض درجات الحرارة، وسرعة الرياح يقللان من مستويات المياه في الخزانات والبحيرات والأنهار، ويمكن أن يحدا من نواتج محطات القوى الكهرومائية، وقد أدت حالات الجفاف الأخيرة في أجزاء من إفريقيا إلى ظهور حالات عجز في الطاقة، مما أسفر بدوره عن خسائر فادحة في الإنتاج الصناعي.

وعلى سبيل المثال فقد أصابت حالة جفاف في البرازيل في عام (٢٠٠١م) محطات الطاقة الكهرومائية بالشلل مما أسهم في حدوث حالات إظلام واسعة النطاق في هذا البلد الذي يستمد حوالي ٨٥% من طاقته من محطات القوى الكهرومائية. وعلى العكس من ذلك يمكن أن يؤدي ذوبان الثلوج أو هطول الأمطار إلى زيادة إنتاج الطاقة الكهرومائية. ويتمثل التحدي بالنسبة للمنشآت النووية في توافر إمدادات من المياه الكافية لتبريدها.

كما يمكن أن يؤدي ارتفاع درجات الحرارة وما يرتبط بذلك من تغييرات في أنماط سقوط الأمطار إلى إحداث زيادات قصيرة الأجل في محاصيل الذرة والسكر المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي، إلا أن نقص المياه وحالات الطقس المتطرف قد تخفض من الغلات في مناطق أخرى. ويؤثر المناخ أيضاً على وضع الطاقة الخشبية، التي تعتبر موارد هامة في الدول النامية، حيث أن التغييرات في درجات الحرارة وهطول الأمطار تؤثر على الغطاء النباتي.

=

فضلا عن احتجاز الكربون وتخزينه في قطاع الطاقة، كل هذا يمكن أن يؤدي إلى خفض انبعاثات الغازات الدفيئة بصورة كبيرة.

(١) المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)، "المعلومات المناخية والطاقة المستدامة"، مرجع سابق، ص ١و٢.

غير أن الأشكال الأخرى من مصادر الطاقة المتجددة تعتبر أقل تضرراً في حالات المناخ المتطرف – بل وتعتبر خيارات محتملة لإمدادات الطاقة المستدامة. أما بالنسبة لمصادر النفط والغاز التقليدية، فإن تقلب المناخ وتغيره يهدد البنية الأساسية الرئيسية، ففي منطقة القطب الشمالي أدى ارتفاع درجات الحرارة إلى ذوبان التربة الصقيعية، ومن ثم تعريض الطرق وممرات هبوط الطائرات وأنابيب النفط والغاز وأبراج التحويل الكهربائي ومنشآت تجهيز الغاز الطبيعي للخطر، كما يمكن أن تؤدي العواصف في الأقاليم الساحلية في جميع أنحاء العالم إلى تهديد معدات النفط والغاز أمام السواحل وما يتصل بها من بنية أساسية.

(ج) تأثير المحتمل للتغيرات المناخية على إمدادات الطاقة: (١)

---

(١) المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)، "المعلومات المناخية والطاقة المستدامة"، المرجع السابق، ص ٢ و٣.

- وقد تسببت التغيرات المناخية في الكثير من الكوارث الطبيعية، كان من أهمها:-

- إعصارا كاترينا ورينا (٢٠٠٥م)، اللذان دمر أكثر من مائة منصة من منصات النفط والغاز أمام السواحل في خليج المكسيك، وألحقا أضراراً بعدد ٥٥٨ أنبوباً. وتقدر الخسائر المباشرة التي لحقت بصناعة الطاقة في ٢٠٠٥ نتيجة للإعصارين بمبلغ ١٥ مليار دولار.
- تسببت موجة الحرارة التي أصابت أوروبا في ٢٠٠٣ في إغلاق ست منشآت للطاقة بصورة كاملة في فرنسا، ولو كانت هذه الموجة قد استمرت، لكان قدر كبير من إنتاج الطاقة الوطني يصل إلى ٣٠ في المائة قد تعرض للخطر.
- ستؤدي زيادة الحرارة بدرجة مئوية واحدة في اليابان في الصيف إلى زيادة الطلب على الكهرباء بنحو ٥ ملايين كيلووات. كما أن زيادة درجة واحدة مئوية في تبريد درجة حرارة المياه ستؤدي إلى خفض يتراوح بين ٠,٢ إلى ٠,٤% في توليد الكهرباء بواسطة منشآت الطاقة الحرارية وإلى خفض بنسبة تتراوح بين ١ إلى ٢% في نواتج منشآت الطاقة النووية.
- تقدر التأثيرات الاقتصادية لخفض توليد الطاقة الهيدرولوجية من بحيرة كاريبا في زمبابوي نتيجة للجفاف الذي حدث في الفترة ١٩٩١ - ١٩٩٢ بخسائر في الناتج المحلي الإجمالي تعادل ١٠٢ مليون دولار أمريكي، وخسائر في عائدات التصدير بمبلغ ٣٦ مليون دولار وفقد ٣٠٠٠ فرصة عمل.

=

فقد أجريت دراسة من قبل الجهاز الاستشاري بشأن تغير المناخ في سويسرا ومنتدى التغير المناخي العالمي (PROCLIM)، تناولت التأثيرات المحتملة لتقلب المناخ وتغيره على جميع القطاعات في سويسرا، استناداً إلى الاحترار بما يقرب من ٢ درجة مئوية في الخريف والشتاء والربيع وأقل قليلاً من ٣ درجات مئوية في الصيف. وفي إطار هذا السيناريو سيحتاج الأمر إلى تدفئة أقل في الشتاء وإلى تبريد أكبر في الصيف حيث سينتقل الطلب على الطاقة من الوقود إلى الكهرباء، كما تتوقع الدراسة انخفاض إنتاج الطاقة الهيدرولوجية بنسبة تتراوح بين ٥ و١٠% بحلول عام ٢٠٥٠م نتيجة لتقلص جريان المياه وانخفاض قدرة التبريد في منشآتها للطاقة النووية.

وبصفة عامة فإن هذا المناخ المتغير في سويسرا سيزيد من الشكوك المحيطة بقطاع الطاقة في هذا البلد، ومن ثم يوصي هذا التقرير بضرورة تنويع مصادر الطاقة لديها لتعزيز قدرتها على التصدي للتغير المناخي. ويتعين النظر في إجراء التنبؤات المناخية قصيرة الأجل، حيث يلاحظ هذا التقرير أن هذه التنبؤات قد تتباين تبايناً شاسعاً من حيث الجودة عبر المناطق والفترات الزمنية، إلا أنها قد تفيد في توقع حالات الطقس المتطرف لأكثر من أسبوع مقدماً، وتعتبر زيادة تطوير هذه الأدوات استناداً إلى

=

- تقدم الكتلة الحيوية بما في ذلك الوقود الخشبي في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى أكثر من ٨٠ في المائة من الطاقة المستهلكة. وسيؤدي تغيير المناخ إلى تدهور الاتجاهات الحالية في استنفاد مخزونات الطاقة من الكتلة الحيوية في أفريقيا التي يتوقع أن يزيد الجفاف فيها.
- سيؤدي الارتفاع المتوقع في متوسط درجات الحرارة في البرازيل إلى زيادة استهلاك الكهرباء بنسبة ٨% بحلول عام ٢٠٣٠ وفقاً لبعض سيناريوهات تغير المناخ.
- أضرت عمليات الإظلام ذات الصلة بالطاقة في الولايات المتحدة وكندا عام ٢٠٠٣م بما يقرب من ٥٠ مليون نسمة مع خسائر اقتصادية تقدر بما يتراوح بين ٥,٨ مليار و ١١,٨ مليار دولار أمريكي.

المعلومات المناخية الموثوق بها عنصراً أساسياً، فنمط التحليل المعتمد على المناخ يساعد أي بلد يسعى إلى وضع خطة لاحتياجاته من الطاقة.

ومن جهة أخرى، استكملت جامعة ريو دي جانيرو الاتحادية في عام (٢٠٠٨م)، دراسة عن التأثيرات المستقبلية للمناخ على إمدادات الطاقة في البرازيل، ووجدت هذه الدراسة أن ارتفاع متوسط درجة الحرارة سيتسبب في زيادة معدلات استهلاك الكهرباء بنحو ٨% بحلول عام ٢٠٣٠م، ولمواجهة ذلك تخطط البرازيل لسياسات تشجيع مصادر الطاقة البديلة مثل الرياح والوقود الحيوي علاوة على الطاقة الكهرومائية.

كما أن من فوائد التكنولوجيا النووية أنها تعتبر طاقة مقبولة بيئياً، وتتوافق مع أهداف بروتوكول كيوتو، وبجانب ذلك تولد هذه الصناعة كهرباء بأسعار تنافسية، مع تحقيق استقرار في عرض الطاقة. فالطاقة النووية لها تأثيرها الكبير على نوعية الحياة والتنمية في الدولة أو المنطقة المضيفة لها.(١)

(1) Ramon Ramirez (J.), et-al : "Nuclear Energy and Social Impact", ibid, p. 1.

المبحث الثالث

دور صناعة الطاقة النووية في إنجاز أهداف بروتوكول كيوتو لمواجهة قضايا تغير المناخ

توصلت دول العالم نهاية عام ١٩٩٧م إلى ما يطلق عليه "برتوكول كيوتو" في مدينة كيوتو اليابانية، ودخل حيز التنفيذ في فبراير من ٢٠٠٥م. وكانت أهداف هذا البروتوكول هي الحد من التغيرات المناخية، كما انطوى أيضاً على وضع آليات معينة من أجل حماية البيئة، ومنها ضرورة التزام كافة الدول وفي مقدمتها الدول المتقدمة – والتي تعتبر الأعلى تلويثاً للبيئة العالمية – بالحد من معدلات الانبعاثات الغازية الملوثة خلال فترة التعهد الأولى (٢٠٠٨-٢٠١٢)، كما تبنت مختلف الدول سياسات مختلفة للاستجابة للحدود التي وضعها ذلك البروتوكول.[1]

وقد أصبح بروتوكول كيوتو الآن اتفاقاً ملزماً للدول الموقعة عليه، والتي بلغ عددها ١٤١ دولة، مع ملاحظة أن أكبر الدول تلويثاً للبيئة العالمية لم تنضم بعد لهذا الاتفاق، ونقصد بها :- الولايات المتحدة والصين والهند. وقد وضع هذا الاتفاق بهدف

(1) Pearson (B.) : "The Clean Development Mechanism; an instrument for sustainable development or a new nuclear subsidy', ibid, p. 2. IAEA : "Nuclear Technology Review 2007", director general, CG/ (51) INF/03, 2007, pp. 11 – 12, Available at; http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/ntr2007.pdf . IAEA : "International Status and Prospects of Nuclear Power', 2008, p. 14, Available at; http://www.iaea.org/Publications/Booklets/NuclearPower/np08.pdf

وضع أسس يتم بناءً عليها تخفيض معدلات الانبعاثات الكربونية عند مستويات محددة، وخلال فترات زمنية معينة،[١] ويكمن الهدف النهائي للبروتوكول في خفض الانبعاثات الكربونية الملوثة للبيئة إلى حوالي ٥% أدنى من مستويات التلوث في عام ١٩٩٠م، على مدى فترة التقدير (٢٠٠٨ – ٢٠١٢م).[٢]

ونتيجة لامتناع الولايات المتحدة عن التصديق على بروتوكول كيوتو، فإن نسبة التخفيض الفعلي ستكون بحدود ٣،٨٪ أدنى من انبعاثات عام ١٩٩٠م. وعلى أية حال، فإن نسبة التخفيض الأهم لمعدلات الانبعاثات العالمية ستكون ضرورية خلال العقود القليلة القادمة بهدف تحقيق انخفاض في درجات الحرارة العالمية، بنسبة تقدر بـ٢ درجة مئوية – وفقاً للنتائج التي أعلنها مؤتمر قمة مجموعة دول الثماني الكبرى (G8) – وقد أجريت مفاوضات مكثفة في إطار بروتوكول كيوتو خلال عام ٢٠٠٩م، تطمح إلى التوصل إلى اتفاق عالمي شامل لفترة ما بعد عام ٢٠١٢م، بهدف تحقيق انخفاض هائل في حجم الانبعاثات الكربونية على المدى البعيد.[٣]

وقد خلص المنتدى الاقتصادي العالمي في (٢٠٠٧م)، إلى أن تغير المناخ وارتفاع درجة الحرارة على المستوى العالمي، سيكون أحد أهم التحديات العالمية التي ستواجه صُناع القرار في السنوات المقبلة. وقد وجه هذا المنتدى تنبيهاً إلى كافة دول العالم بلا استثناء – بضرورة التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة في توليد الطاقة –

(1) Chakravorty (U.) & Magné (B.), et-al : "Can Nuclear Power Save the Kyoto Protocol?', 2008, p. 1, Available at; http://www.www.papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=734403.pdf

(2) USEC : "The Outlook for Nuclear Development: Implications for Asian Energy Security', ibid, p 5.

(3) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 3.

على أن تكون الطاقة النووية أحد هذه المصادر. كما أكد رئيس الاتحاد الأوروبي مؤخراً، على ضرورة التزام بلدان الاتحاد بتطوير كفاءة الطاقة إلى حد كبير، والاستفادة من اقتصاديات وتقنيات الطاقة المنخفضة الكربون، والحاجة لإبرام اتفاقية عالمية جديدة لتخفيض معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة بمعدلات أكبر بعد ٢٠١٢م، وذلك تحقيقاً أهداف بروتوكول كيوتو التي دخلت حيز التنفيذ.(١)

كما أكد الاتحاد الأوربي بشكل خاص، على التزامه بتخفيض انبعاثات الغازات الدفيئة بمعدل ٢٠% عن مستويات عام ١٩٩٠م، بحلول عام ٢٠٢٠م، كما وافق الزعماء الأوروبيون على زيادة هذه النسبة لتصل إلى ٣٠%، وذلك شريطة انضمام بلدان أخرى كالولايات المتحدة وروسيا والصين والهند، والتي تعتبر المساهم الأكبر في نسبة انبعاثات الغازات الدفيئة حول العالم.

وعلى الرغم من أن بروتوكول كيوتو – لم يُدخِل الطاقة النووية مباشرة ضمن آليات مكافحة انبعاثات الغازات الدفيئة المولدة عالمياً عبر مصادر توليد الطاقة – خاصة المعتمدة في تشغيلها على الوقود الأحفوري. فإن العديد من المنتديات العالمية المنعقدة حول قضايا تغير المناخ تعتبر الطاقة النووية عنصراً أساسياً من الحل بالنسبة لهذه المشكلة، بل ويعتبرها البعض المصدر الوحيد القادر على تنفيذ أهداف بروتوكول كيوتو.(٢)

وقد بينا فيما سبق، أن الفحم الذي يساهم حالياً بحوالي ٤٠٪ من إجمالي انبعاثات الغازات الدفيئة حول العالم، لا يزال يشكل المصدر الرئيسي لتوليد الطاقة

---

(1) Kergan (E.) & Decker (E.) : "The economics of nuclear energy markets and the future of international security', ibid, p. 17.

(2) Ibid, p. 17.

عالمياً. والتحول من الفحم إلى الغاز الطبيعي الذي يعتبر الأقل تلويثاً للبيئة من الفحم في توليد الطاقة، يمكن أن يوفر حلاً جزئياً للمشكلة، ولكن تشير المؤشرات إلى أن هذا المصدر – وفقاً لمعدلات الإنتاج الحالية وحجم الاحتياطات العالمية المقدرة من الغاز – مورد نادر وناضب؛ لأنه متوفر بكميات محدودة في الطبيعة. كما تعتبر مصادر الطاقة المتجددة جزءاً من الحل لدعم تحقيق أهداف بروتوكول كيوتو، ولكنها لا يمكنها أن توفر الطاقة بأحجام كبيرة خاصة في الدول النامية المتعطشة إلى الطاقة، ناهيك عن تكلفتها الباهظة والتي لا تقل عن تكلفة صناعة الطاقة النووية.(١)

وكان من أهم التساؤلات التي أثيرت أثناء صياغة بروتوكول كيوتو، – ما أهم الآليات التي يمكن أن تدعم جهود حماية البيئة، وما مدى أهلية أو جدارة الطاقة النووية للقيام بهذا الدور؟ وقد أبدت حكومات العديد من الدول تصريحات معارضة للطاقة النووية، تعبيراً عن رفضها بأن يكون للطاقة النووية دور في إنجاز بروتوكول كيوتو، ومن بينها إندونيسيا وسنغافورة والفلبين، كما تبنت بعض دول الاتحاد الأوربي بشكل غير مباشر هذا التوجه الرافض لدور للطاقة النووية، مثل ألمانيا وايطاليا واليونان والسويد والنمسا وأيرلندا والدنمرك.(٢)

وقد استثنى جدول أعمال نشطاء البيئية الطاقة النووية من اعتبارها مصدر للطاقة منخفضة الكربون، إذ أن ١٨٠ حكومة من الحكومات المشاركة في المؤتمر السادس المنظم من قبل لجنة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة (حول توفير آليات

(1) Chakravorty (U.) & Magné (B.), et-al : "Can Nuclear Power Save the Kyoto Protocol?', ibid, p. 1.

(2) Pearson (B.) : "The Clean Development Mechanism; an instrument for sustainable development or a new nuclear subsidy', ibid, p. 5.

لتطبيق بروتوكول كيوتو)، لا تعترف بحقيقة أن الطاقة النووية تعد مورداً هاماً للطاقة، كما لا يعترفون بكونها مصدراً خالياً من الإشعاع ومنتجات الغازات الدفيئة.(١)

وفي المقابل تشير الكثير من الدراسات الحديثة الصادرة عن وزارة الطاقة الأمريكية، إلى أن صناعة الطاقة النووية تقدم نفسها كخيار شبه أوحد – على الأقل في الوقت الراهن – لإنجاز أهداف بروتوكول كيوتو، وعلى سبيل المثال فقد ترتب على استخدام الطاقة النووية خلال الفترة من ١٩٧٣ وحتى ٢٠٠٣م، خفض الانبعاثات الملوثة للبيئة بحوالي ٨٠ مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون، وحوالي ٤٠ مليون طن من أكسيد النيتروجين، كما توضح البيانات الواردة عن وزارة الطاقة الأمريكية عام ١٩٩٩م، أن أغلب الانبعاثات الكربونية التي تم تجنبها خلال العشرين عاماً الماضية كان سببها التوسع في الاعتماد على المصدر النووي في توليد الطاقة.(٢)

ومن جهة أخرى فقد أثبتت العديد من الدراسات التي أجرتها وزارة الصناعة الفنلندية أنه ولولا وجود المفاعلات النووية الأربعة في فنلندا، لكانت مستويات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون ضعف مستواها الحالي. كما أكدت هذه الدراسات أن استخدام الطاقة النووية، بالإضافة إلى الطاقة المتجددة، يعتبر أفضل وسيلة للوصول إلى المستويات التي يهدف إليها بروتوكول كيوتو.(٣)

---

(1) USEC : "The Outlook for Nuclear Development: Implications for Asian Energy Security', ibid, p 5.

(2) Chakravorty (U.) & Magné (B.), et-al : "Can Nuclear Power Save the Kyoto Protocol?', ibid, p. 2.

(٣) د. رضا عبد السلام، "الطاقة النووية وأهداف التنمية المستدامة لدول مجلس التعاون"، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الإستراتيجية ٢٠١١م، ص ٢٤.

كما تشير العديد من الدراسات أيضاً، إلى أن السماح باعتماد آلية التنمية النظيفة(Clean Development Mechanism (CDM، يعتبر تأييداً لحجية أو قدرة الطاقة النووية في أن يكون لها دور مهم في مكافحة تغير المناخ، وفي واقع الأمر فإن الطاقة النووية ستكون هي "ختم الموافقة على بروتوكول كيوتو".

وهذا يمكن أن يشجع الدول النامية على السير قدماً نحو الطاقة النووية، كما أن مساعدة الدول المتقدمة للبلدان النامية المتمسكة بالحلم النووي، فضلاً عن تقديم مزيد من الدعم لتطوير البرامج النووية وتمديد العمر التشغيلي للمفاعلات، وبناء المزيد من المفاعلات النووية سيكون له دور بارز في إنجاز أهداف بروتوكول كيوتو في المستقبل.(١)

وفي دراسة لمنظمة التعاون والتنمية حول الطاقة النووية وعلاقتها ببروتوكول كيوتو، تبين أن الطاقة النووية في دول المنظمة لعبت بالفعل دوراً رئيسياً في خفض كمية الانبعاثات الغازية المتولدة عن قطاع الطاقة خلال الأربعين عاماً الماضية.(٢) ففي حالة غياب المصدر النووي، كان من الممكن للانبعاثات الكربونية في هذه الدول أن تكون أعلى بمعدل الثلث عن المستويات الحالية. ويستهدف بروتوكول كيوتو تحقيق انخفاض ملحوظ في مستوى الانبعاثات الكربونية في دول منظمة التعاون قدره حوالي ٧٠٠ مليون طن خلال الفترة من ٢٠٠٨ وحتى ٢٠١٢م مقارنة بمستويات ١٩٩٠م.(٣)

---

(1) Pearson (B.) : "The Clean Development Mechanism; an instrument for sustainable development or a new nuclear subsidy', ibid, p. 4.

(٢) د. رضا عبد السلام، "الطاقة النووية وأهداف التنمية المستدامة لدول مجلس التعاون"، مرجع سابق، ص ٢٥.

(3) OECD : "Nuclear energy today", ibid, p. 3.

في حين أن الاعتماد على صناعة الطاقة النووية يمكن أن يجنب بلدان منظمة التعاون والتنمية حوالي ١٢٠٠ مليون طن من الانبعاثات الكربونية، أي ما يعادل حوالي ١٠% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن مصادر توليد الطاقة في الدول الأعضاء بالمنظمة، وبالتالي فإن التوسع في الاعتماد على المصدر النووي في توليد الطاقة – بجانب مصادر الطاقة المتجددة (على حساب مصادر توليد الطاقة التقليدية) – خلال السنوات القادمة سيكون كافياً لإنجاز المستويات التي حددها بروتوكول كيوتو.(١)

ونتيجة للدور المحتمل لصناعة الطاقة النووية في إنجاز أهداف بروتوكول كيوتو، بدأ بعض السياسيين الأوروبيين في التخفيف من حدة موقفهم تجاه الطاقة النووية، من بينهم لويولا دي بالاسيو، وهي كبيرة المسئولين عن الطاقة في المفوضية الأوروبية. فقد أعلنت أن الطاقة النووية تلعب دوراً بارزاً في التخفيف من معدل انبعاثات الغازات الدفيئة تحقيقاً لأهداف بروتوكول كيوتو. فالطاقة النووية توفر سنوياً حوالي ٣٠٠ مليون طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في دول الاتحاد الأوروبي، وهذه الكمية توازي حوالي ثلاثة أضعاف الكمية التي يتعين على الدول الأوروبية توفيرها خلال العقد القادم للتوافق مع أهداف اتفاقية كيوتو. كما ترى صاحبة هذا الرأي أن أوروبا لا يمكنها الاستغناء عن الطاقة النووية ما لم تتخلَ عن أهداف اتفاقية كيوتو.(٢)

---

(1) IAEA : "Nuclear Technology Review 2007", director general, CG/ (51) INF/03, 2007, P. 7, Available at; http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/ntr2007.pdf

(٢) فيجاي ف. فيتيسواران، "الطاقة للجميع – كيف ستغير ثورة الطاقة أسلوبنا في الحياة"، ترجمة/ د. إيهاب عبد الرحيم، سلسلة عالم المعرفة نوفمبر ٢٠٠٥م، ص ٣١٨ و ٣١٩ .

فالطاقة النووية وإن لم تكن كلها فوائد – حسب وجهة نظر البعض – إلا أن نسبة انبعاثات الغازات الدفيئة المنبعثة عن هذا المصدر تعتبر منخفضة جداً، بل تكاد تكون منعدمة، مما يجعل الطاقة النووية أكثر جاذبية عن غيرها من مصادر توليد الطاقة الأخرى.(١) ومن هذا المنطلق انتهى البعض للقول بأن المصدر النووي بدأ يفرض نفسه ليكون الخيار الأساسي لتحقيق وإنجاز أهداف بروتوكول كيوتو.(٢)

- ضريبة الكربون ودورها في تحقيق لأهداف بروتوكول كيوتو:

وللحد من التغيرات المناخية تحقيقاً لأهداف بروتوكول كيوتو، والذي لا يمكن أن يتحقق إلا من خلال الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة المسببة لحدوث ظاهرة الاحتباس الحراري ومن ثم التغيرات المناخية – على النحو الذي تم الإشارة إليه سابقاً - يقترح البعض ضرورة فرض قيود على كافة أنشطة والصناعات الملوثة للبيئة، وفي مقدمتها صناعات توليد الطاقة، وهذا يتحقق من خلال فرض تكلفة على انبعاثات الكربون والمسماة "بضريبة الكربون".

وفي الوقت الراهن، وفي ظل عدم وجود تشريعات ملزمة للحد من الانبعاثات الغازية الملوثة، فإن هذا من شأنه إرسال إشارة خاطئة ويشجع على تبني صناعات الطاقة الملوثة للبيئة. ومن جهة أخرى يساهم غياب تطبيق ضريبة الكربون في توفير قدر كبير جداً من التكلفة بالنسبة لمصادر توليد الطاقة التقليدية المعتمدة في تشغيلها على الوقود الأحفوري الملوث للبيئة، مما يجعل هذه المصادر الأخيرة في وضع تنافسي

(1) IAEA : "International Status and Prospects of Nuclear Power', ibid, p. 14.

(2) Pearson (B.) : "The Clean Development Mechanism; an instrument for sustainable development or a new nuclear subsidy', ibid, p. 2.

أفضل من بدائل توليد الطاقة الأخرى المنخفضة الكربون. لذا، فإن إيجاد الطريقة المناسبة للتعامل مع الانبعاثات الكربونية يشكل جزءاً رئيسياً من الحل للوفاء بالتزامات بروتوكول كيوتو، ولإجراء مزيد من التخفيضات لما بعد عام ٢٠١٢م.(١)

ولدعم جهود الحماية البيئية والاجتماعية، ذهب البعض للقول بضرورة فرض عقوبات اقتصادية "ممثلة في ضريبة الكربون"، على صناعات توليد الطاقة وغيرها من الصناعات الملوثة للبيئة. وتساهم ضريبة الكربون أو ما يطلق عليه "بالضرائب الخضراء" في إعاقة الأنشطة والصناعات الملوثة للبيئة، وفقا لمبدأ "المُلوث يدفع". فالضرائب بصفة عامة يكون لها تأثير مباشر على الأسعار، ولكن ربما يكون تأثيرها غير مباشر على كمية الملوثات الناتجة عنها، في حين أن فرض ضريبة الكربون يكون له تأثير مباشر على معدل الانبعاثات الملوثة للبيئة، ولكن ربما يكون تأثيرها غير مباشر على معدلات الأسعار. وبالتالي فإن فرض تكلفة على الملوثات البيئية يساهم في توفير الحماية البيئية والصحية.(٢)

ومما لا شك فيه أنه في حالة فرض ضريبة على ملوثات الكربون، فإن هذه الضرائب ستقاوم بشدة من قبل العديد من الحكومات – خاصة تلك المتطلعة لتحقيق تنمية اقتصادية سريعة – وكذلك الدول المنتجة لمصادر الطاقة كما يساهم فرض ضريبة على الكربون في تعزيز الوضع التنافسي للصناعة النووية وصناعات توليد الطاقة الأخرى ذات المصدر المتجدد، حيث ينتج عن فرض ضريبة الكربون ارتفاع

(1) OECD : "NUCLEAR ENERGY IN A SUSTAINABLE DEVELOPMENT PERSPECTIVE', IBID, P. 25.

(2) USEC : "The Outlook for Nuclear Development: Implications for Asian Energy Security', ibid, p 5.

تكلفة توليد الكهرباء المولدة من محطات الطاقة التقليدية، وفي المقابل توفر المصادر النووية مصادر آمنة ووفيرة للطاقة وبتكلفة منخفضة نسبياً.(١)

وفي المقابل يرى البعض أنه بدلاً من إرهاق الاقتصاد مع فرض ضريبة الكربون والتي من الممكن أن تكون الضريبة الأكبر في التاريخ. فإنه من الممكن اتخاذ موقف موالٍ تجاه تغير المناخ والبدء ببناء المفاعلات النووية. كما أنه وبدلاً من الدخول في ركود اقتصادي* ومستقبل مجهول مع بناء أشكال مريبة لتوليد الطاقة. فالطاقة النووية بجانب أنها مصدر نظيف لتوليد الكهرباء، فإنها تعتبر أيضاً مصدراً لاقتصاد صحي وناجح.(٢) لذا تشير العديد من التقديرات إلى أن محطات الطاقة النووية يمكن أن تحقق انخفاضاً كبيراً في مستقبل الكربون، ولذلك تفترض ضرورة أن يتم بناء محطات للطاقة النووية لإحلالها محل محطات الطاقة العاملة بالفحم.(٣)

ويتضح من العرض السابق أن الطاقة النووية وعلى الرغم من التحديات التي تواجهها، من حيث ارتفاع التكلفة الرأسمالية لهذه الصناعة، وافتقارها لدعم الرأي العام والدعم السياسي في العديد من الدول – خاصة بالنسبة لعمليات البناء الجديدة –

---

(1) OECD : "NUCLEAR ENERGY IN A SUSTAINABLE DEVELOPMENT PERSPECTIVE', IBID, P. 25.

* حيث يكون من أهم الانعكاسات الناتجة عن فرض ضريبة الكربون – ارتفاع أسعار تكلفة الكهرباء خاصة المولدة من محطات ملوثة للبيئة كما هو الحال مع محطات الكهرباء المشغلة بالوقود الأحفوري، ومن ثم يساهم ذلك في ارتفاع تكلفة وتضخم أسعار الكثير من السلع والخدمات المستخدمة لهذه المصادر – بما قد يساهم في حدوث ركود اقتصادي.

(2) Alexander (L.) : "How Nuclear Power Can Produce Enough Clean, Cheap, Reliale, American Energy To Create Jobs, Clean The Air, And Solve Global Warming - Senate Republican Conference blueprint For 100 New Nuclear Power plants In 20 Years', ibid, p. 40.

(3) Squassoin (S.) : "Nuclear energy; rebirth or resuscitation', ibid, p. 20.

فضلاً عن تحرير أسواق الكهرباء في العديد من الدول، والتي تصبح معها الصناعة النووية أقل جاذبية عن غيرها من محطات توليد الطاقة الأخرى. إلا أن هذه العوامل والتحديات قد تبددت خلال السنوات الأخيرة، وخاصة مع ظهور العديد من القضايا الهامة والمتمثلة في:- قضايا تغير المناخ العالمي وارتفاع أسعار الوقود الأحفوري وأمن الطاقة. ويتضح من ذلك أن للطاقة النووية دوراً هاماً في التخفيف من تغير المناخ العالمي ومساهمته في التنمية وتحديات أخرى بيئة.(١)

(1) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 3.

المبحث الرابع

دور الطاقة النووية في الحد من المخاطر البيئية والصحية

وبجانب الفوائد المناخية التي تتميز بها صناعة الطاقة النووية، كدورها في المساعدة في التخفيف من التغيرات المناخية، فإنها تتميز أيضاً بفوائد أخرى بيئية وصحية. حيث أن إحلال محطات الطاقة النووية محل المحطات العاملة بالوقود الأحفوري يَحُد من انبعاثات ملوثات الهواء، التي تؤدي إلى تأثيرات سلبية على البيئة والصحة الإنسانية على حد سواء، على المستويات المحلية والإقليمية.(١)

(١) الفوائد البيئية للصناعة النووية:

إن استخدام الطاقة النووية يتحقق عنه فوائد بيئية متميزة، حيث أنها لا ينتج عنها تقريباً أية انبعاثات للغازات الدفيئة خلال عملها، وكميات قليلة جداً من الانبعاثات على أساس دورة حياتها الكاملة.(٢) ومن المتوقع أن ترتفع مستويات هذه الانبعاثات على نحو متزايد على المدى البعيد، إذا ما تم الاعتماد في توليد الطاقة على مصادر غير نظيفة، وبخاصة الطاقة المعتمدة في إنتاجها على الوقود الأحفوري.(٣)

---

(1) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 20.

(٢) أنّا ماريا سيتو - وفيرنر بوركات، "البيئة في بؤرة الاهتمام"، مجلة الوكالة للطاقة الذرية ٢- ٤٩ مارس ٢٠٠٨م، ص ٨، على الرابط التالي:

http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull492/Arabic/49205660610ar.pdf

(3) FORATOM : "Nuclear energy's contribution to sustainable development", ibid, p. 2.

وتشير العديد من الدراسات إلى أن ملوثات الكربون ومركبات الكبريت والنيتروجين المنبعثة من المحطات العاملة بالوقود الأحفوري، ولا سيما محطات الكهرباء التي تعمل بالفحم (تعتبر المصدر الرئيسي لتلك الانبعاث)، تتسبب في حدوث أمطار حمضية تؤذي الطبيعة بشكل عام، فالأمطار الحمضية تتسبب في أضرار للأنظمة البيئية على العديد من المستويات، منها :ـ المستوى الزراعي والبيئة البحرية والغابات...إلخ.

علاوة على ذلك، فإنها تتسبب في أضرار تصيب بعض مواد البناء، بما في ذلك الآثار التاريخية والثقافية. كما أنها تتسبب أيضاً في حدوث الضباب الذي يحد بشدة من وضوح الرؤية والحد من وصول أشعة الشمس، وربما يؤدي إلى حدوث تغير في درجة حرارة الغلاف الجوي، وتوجد العديد من الحلول التكنولوجية التي يمكن من خلالها خفض معدل هذه الانبعاثات، ولكن تكلفة هذه الحلول ربما تجعل الطاقة النووية أكثر جاذبية.(١)

فالصين – على سبيل المثال – كأكبر مستهلك للطاقة في العالم بعد الولايات المتحدة، وأكبر دول العالم استهلاكاً للفحم، عرضة لمواجهة مشكلات بيئية جمة، فقد استهلكت الصين حوالي ٢٣،٧ مليون طن فحم عام ١٩٩٧م، وترتب على ذلك تلوث كبير بغاز ثاني أكسيد الكربون وسقوط أمطار حمضية غمرت حوالي ٣٠% من الأراضي الصينية، وقد بلغ إجمالي الملوثات في ذلك العام ٢٣،٧ مليون طن ملوثات، ويتوقع لتلك الملوثات أن تبلغ ٣٩ مليون طن في ٢٠٢٠م و٤٣ مليون طن في ٢٠٥٠م.

(1) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 20.

ولكي تتجنب الصين كل هذه الزيادات في نسب الملوثات والنتائج المترتبة عليها، فليس أمامها سوى حل وحيد وممكن تنفيذه من الناحية العملية هو: التخفيض من حجم وارداتها من البترول والغاز الطبيعي، فضلاً عن تعزيز مساهمة الطاقة النووية، فالطاقة النووية تعتبر خياراً فريداً لتوليد الطاقة على نطاق واسع بدون أن يصدر عنها انبعاثات لملوثات الغازات الدفيئة. فالطاقة النووية تعد مصدراً لا غنى عنه بجانب مصادر الطاقة الأولية لتوليد الكهرباء.(١)

كما يُسمح للصناعة النووية بالإفراج عن بعض كميات صغيرة جداً من الانبعاثات الغازية والمائية، ولكن يتم فحص هذه الانبعاثات بإحكام للتأكد من أنها لا تضر بالبيئة. وعلى جانب أخر، تتواصل عمليات التطوير لهذه الصناعة من خلال إدخال تقنيات جديدة تساهم في الحد من تلك الانبعاثات إلى أقصي مدى ممكن.(٢)

وحتى بالنسبة لبعض مصادر الطاقة المتجددة ومنها مصادر الطاقة المائية المعتمدة في توليدها على بناء السدود النهرية، فإنها قد تتسبب في مشكلات بيئية واجتماعية كبيرة. حيث ينتج عن بناء هذه السدود حدوث فيضانات عارمة من المياه

(1) Wenxing (Z.) : "The Role of Nuclear Power for a Sustainable Development in China', ILK-Symposium, Opportunities and Risks of Nuclear Power, China Guangdon Nuclear Power Corporation Ltd, 26./27.04.2001, pp. 2 – 3, Available at; http://www.oecd-nea.org/ndd/docs/2001/nddsustdev.pdf

(2) FORATOM : "Nuclear energy's contribution to sustainable development", ibid, p. 3.

تلتهم مساحات شاسعة من الأراضي والتي يتم استخدامها كخزانات للمياه، مما يتسبب في تشريد الملايين من البشر المقيمين بهذه المناطق.(١)

على سبيل المثال، ترتب على بناء السدود المائية الكبيرة تشريد حوالي ٣٠ إلى ٦٠ مليون شخص، وكان أغلبية المشردين في الصين والهند، كما غمرت هذه المياه حوالي ٥٠٠،٠٠٠ كيلو متر مربع من الأراضي الزراعية الخصبة والغابات المتنوعة والنظم البيئية المختلفة، في صورة خزانات مائية ضخمة تمثل تقريباً حجم فرنسا. وقد تحللت المخلفات والمواد العضوية الموجودة بهذه الخزانات، لتصبح مصدراً لغاز الميثان، الذي يعتبر أقوي مسببات الغازات الدفيئة.(٢)

(٢) أما عن الفوائد الصحية للطاقة النووية:

تشير إحدى الدراسات الصادرة عن منظمة الصحة العالمية إلى أن تلوث الهواء يتسبب في حالات وفاة مبكرة تقدر بحوالي مليوني شخص سنوياً في جميع أنحاء العالم. كما تسهم هذه الملوثات أيضاً، في حدوث اضطرابات صحية ناجمة عن التهابات الجهاز التنفسي وسرطان الرئة وأمراض القلب.(٣) كما صرحت هيئة الإذاعة البريطانية وفقاً للبيان الصادر عن منظمة الصحة العالمية في (٢٠٠٤م). وكان مفاده أن حوالي ٣ ملايين شخص على مستوى العالم يموتون سنوياً من جراء تلوث الهواء الناتج عن

(1) OECD : "NUCLEAR ENERGY IN A SUSTAINABLE DEVELOPMENT PERSPECTIVE', IBID, P. 22.

(2) Najam (A.) & Cleveland (C.) : "Energy and Sustainable Development at Global Environmental Summits: An Evolving Agenda', 2007, p. 120, Available at; http://www.climate-talks.net/2007-ENVRE130/PDF/Najam-Energy%20&%20SD-Najam-Cleveland.pdf

(3) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 20.

إطلاق المركبات والانبعاثات الصناعية، وحوالي ١،٦ مليون ناتج عن استخدام الوقود الصلب، وتتسبب الملوثات الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري في الولايات المتحدة وحدها في قتل ٢٠،٠٠٠ شخص كل عام.(١)

وينتج عن قطاع إمدادات الطاقة في بلدان الاتحاد الأوربي حوالي ربع إجمالي ملوثات الهواء المنبعثة في تلك الدول. وقد توصلت الدراسات إلى أن هذه الملوثات – وخاصة ملوثات الهواء – تتسبب في انخفاض متوسط العمر المتوقع في كل دول أوربا بمعدل عام واحد تقريباً. ولذلك تتوقع العديد من الدراسات الحديثة رفع القيود المفروضة على التوسع المحتمل للطاقة النووية في بلدان الاتحاد الأوربي، حيث من المتوقع أن تشهد هذه الصناعة توسعاً ملحوظاً يقدر بحوالي ٤٥% بحلول عام ٢٠٣٠م، ومن شأن هذه الزيادة المتوقعة في نسبة مشاركة الطاقة النووية، أن تقود إلى الحد من تركيز ملوثات الهواء في تلك الدول.(٢)

ويتخلف عن العديد من مصادر الطاقة، من بينها الطاقة النووية والفحم والنفط والغاز الطبيعي ومحطات الكهرباء الحرارية الأرضية مواد إشعاعية، تنطلق إلى القشرة الأرضية، فقد قدرت وكالة حماية البيئة الأمريكية The US Environmental Protection Agency (EPA) أن شخصاً ما يعيش على بعد ٥٠ ميلاً من محطة كهرباء مشغلة بالفحم يتلقي جرعة إشعاعية بمتوسطة ٠،٣ µSv، بينما شخص أخر

(1) Wikipedia : "Sustainable energy', ibid.

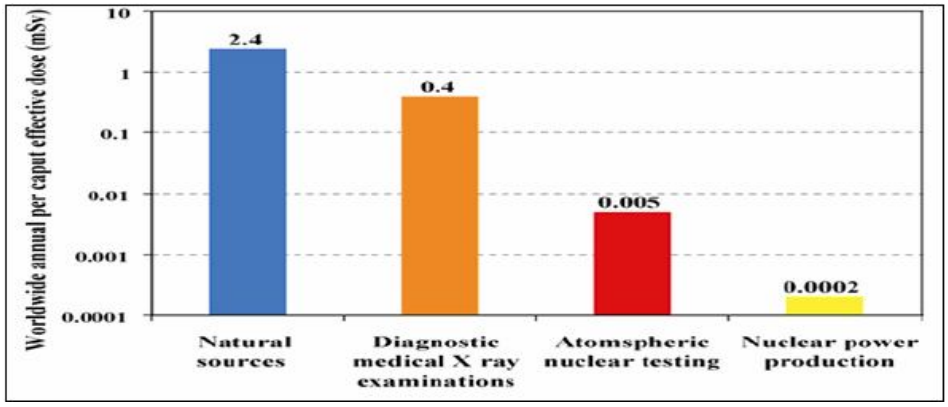
(2) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 20.
ومن النتائج المتوقعة لزيادة إسهام الطاقة النووية في أوربا في السنوات المقبلة، حدوث انخفاض في نسبة المصابين بالأمراض المزمنة أقل كثيراً من (-٣٪) في عدد الأشخاص الذين يعانون من التهاب الشعب الهوائية. فضلاً عن التخفيض من حالات الوفاة المبكرة (لصغار السن) لـ(-١،٩٪) بحلول عام ٢٠٣٠م. وقد بلغت مكاسب الرفاهية ٣٢ إلى ٥٥٩ بليون يورو (وبتقدير متوسط ١٦٥ بليون يورو).

يعيش أيضاً على بعد ٥٠ ميل من محطة طاقة نووية فإنه يتلقي ٠،٠٠٩ µSv. وتعتبر الجرعة التي يتلقاها هذا الأخير أقل بأكثر من ألف مرة من متوسط الجرعة التي يتلقاها الأشخاص نتيجة التعرض للأشعة السينية والأجهزة الطبية الأخرى، والتي تعتبر أيضاً أقل من أكثر من عشرة آلاف مرة من متوسط الجرعة التي يتلقاها عن الإشعاعات الطبيعية.(١)

وقد أجريت مقارنة حول تأثير الإشعاع الذري وغيره من الإشعاعات الأخرى على الإنسان، وذلك استناداً إلى البيانات الواردة عن اللجنة العلمية للأمم المتحدة United Nations Scientific Committee، وقد تبين من خلال هذه المقارنة أن متوسط حجم الإشعاع الناتج عن محطات الطاقة النووية يساوي واحداً على ١٠ آلاف من حجم الإشعاع الصادر عن المصادر الطبيعية، وهذا يعني أن الإشعاع الصادر عن المصادر الطبيعية يزيد عما تنتجه المحطات النووية بحوالي عشرة آلاف مرة. وربما يكون الإشعاع الصادر عن المصادر الطبيعية ناشئاً عن الأشعة الكونية، كما هو الحال في المواد المشعة طبيعياً في الهواء (كغاز الرادون المشع)، أو في الغذاء والماء (مثل البوتاسيوم). كما قد ينتج الإشعاع عن النشاط البشري، كما هو الحال بالنسبة لتعرض الإنسان للأشعة السينية الطبية (انظر الشكل ٥).(٢)

(1) IAEA : "Nuclear Energy and sustainable Development', ibid, p. 15.
(2) IAEA : "Nuclear Energy and sustainable Development', ibid, p. 16 .

الشكل (٥): حجم الانبعاثات الإشعاعية الصادرة عن المحطات النووية مقارنة بالإشعاعات الصادرة عن المصادر الأخرى.



Source: IAEA ; "Nuclear Energy and sustainable Development', Printed by the IAEA in Austria April 2006, (d), p. 15, Available at; http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/06-13891_NP&SDbrochure.pdf

كما أن هناك بعض الوظائف التي يتلقي خلالها العمال جرعات إشعاعية إضافية كما هو الحال بالنسبة للعاملين في المستشفيات وبالأخص في الأقسام المعالجة بالطب النووي، فضلاً عن العاملين في الصناعات الطبية، وكذلك العمال القائمين على عمليات البحث والتنقيب واستخراج وتعدين اليورانيوم والعاملين بالمحطات النووية، كما أن السفر عبر الطائرات بارتفاعات عالية يتسبب في إصابة أطقم الطائرات من الطيارين والمسافرين أيضاً بجرعات إشعاعية عالية. إن المعدل المتوسط للتعرض الإشعاعي الناتج عن هذه الممارسات المهنية يقارن عادة بالمتوسط العالمي لتعرض للإشعاع الطبيعي.(١)

(1) Ibid, p. 16.

هذا، وتشكل الإشعاعات المنطلقة عن المرافق النووية أثناء التشغيل اليومي أو الروتيني نسباً صغيرة جداً، لا تساهم في أي تأثير يذكر على صحة العاملين بها أو الجمهور، ولكن المخاطر الكبيرة قد لا تحدث إلا في ظل وقوع حادث نووي كبير يصدر عنه انبعاثات إشعاعية عالية، كما هو الحال بالنسبة لحادث الجزر الأمريكية الثلاث (ثري مايل آيلاند) في عام ١٩٧٩م وتشيرنوبل في ١٩٨٦م. وقد تم التعزيز من إجراءات الأمان والسلامة النووية عقب هذه الحوادث، فضلاً عن اتخاذ التدابير الضرورية لمنع وقوع حوادث نووية، وأعمال التطوير المستمر على هذه الصناعة.(١)

كما كان لهاتين الحادثتين بالغ الأثر في إحداث تغييرات جوهرية هامة على الصناعة النووية، تتضمن تأسيس ثقافة أمان عالية، والاستفادة من كافة التجارب وإشراك أفضل الممارسات...إلخ. وفي أعقاب حادث تشيرنوبل تم إنشاء الجمعية العالمية للمشغلين النوويين The World Association of Nuclear Operators (WANO)، والوكالة الدولية للطاقة النووية، ثم مجموعة السلامة النووية الاستشارية الدولية.

وتتولى هذه الأجهزة نشر أفضل الممارسات، والإشراف والمراقبة على تطبيق أعلى معايير الآمان على المنشآت النووية حول العالم، كما تتناول الاجتماعات المنتظمة للوكالة الدولية للطاقة النووية IAEA ولمنظمة التعاون والتنمية الاقتصادية OECD، ووكالة الطاقة النووية NEA، تقييم هذه الحوادث ومناقشتها وتحليلها بصورة تفصيلية، ومن جهة أخرى تلتزم الدول بموجب اتفاقية السلامة النووية بالشروط المتعلقة بالأمن، كما تتولي مناقشة التقارير الصادرة عن بعضها البعض.(٢)

---

(1) OECD : "NUCLEAR ENERGY IN A SUSTAINABLE DEVELOPMENT PERSPECTIVE', IBID, P. 9.

(2) IAEA : "Nuclear Energy and sustainable Development', ibid, p. 16.

شهدت العديد من المخاوف المصاحبة للصناعة النووية – فيما يتعلق بمخاطر التعرض للإشعاع وسلامة التشغيل وإدارة المخلفات وقضايا الانتشار– تراجعاً حاداً خلال الفترة الأخيرة، وهذا يتضح من تحسن قبول الرأي العام أو الجمهور لهذه الصناعة، وبالنسبة لمخاطر التعرض للإشعاع الناتج عن التشغيل العادي للمحطات النووية فلا تزال حتى الآن عند المستوى الآمن الذي لا يمكن تمييزه تقريباً عند التعرض للإشعاع من المصادر الطبيعية والطبية بصفة عامة، وقد بذلت جهود كبيرة من قبل وكالة الطاقة الذرية ومشغلي المنشآت النووية، للتأكيد على أن محطات الطاقة النووية أحد الفروع الصناعية الأكثر أماناً سواء بالنسبة للعاملين أو لعامة الجمهور.

أما عن قضايا إدارة وتخزين المخلفات النووية، فقد تم التوصل إلى تقنية آمنة لتخزين المخلفات النووية في مستودعات جيولوجية عميقة في باطن الأرض – على النحو الذي تم الإشارة في الفصل الأول من هذا الباب – وأخير بالنسبة لقضايا الانتشار النووي، فتشير الكثير من الدراسات إلى وجود بعض الحلول التكنولوجية المتطورة الهادفة إلى منع استخدام المواد النووية في غير الأغراض السلمية.(١)

وعند إجراء مقارنة بين ما تنتجه محطات الطاقة النووية من مخلفات، وغيرها من مصادر توليد الطاقة ذات المصدر الأحفوري، وخاصة محطات الطاقة العاملة بالفحم، يتضح أنها لا تقارن، حيث أن المخلفات المنبعثة عن محطة عاملة بالفحم تزيد مئات المرات عن المخلفات المنبعثة عن محطة للطاقة النووية، كما تتسبب المخلفات الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري ومن ثم التغيرات المناخية التي ينتج عنها حدوث الأعاصير والفيضانات والظواهر الجوية الأخرى التي تتسبب في وقوع وفيات.

(1) IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', ibid, p. 1.

وقد أجرت الرابطة النووية العالمية مقارنة حول أعداد الوفيات الناتجة عن حوادث محطات توليد الطاقة بأشكالها المختلفة، خلال الفترة ما بين ١٩٧٠ حتى ١٩٩٢م ، وقد اتضح من خلالها أن الحوادث الناتجة عن محطات الطاقة المائية تتسبب في وفاة ٨٨٥ شخصاً، أما عن المحطات العاملة بالفحم فقد تسببت في وفاة ٣٤٢ شخصاً، و٨٥ شخصاً للغاز الطبيعي، و٨ أشخاص بالنسبة للطاقة النووية.(١)

وقد شهد قطاع الطاقة النووية تحسناً ملحوظاً خلال السنوات الأخيرة ، في مستوى الأداء وسجلات السلامة، كما ثبت عن تشغيل المحطات النووية أنها من أكثر الصناعات ربحية، هذا بجانب عوامل التحسن في معدلات القدرة الإنتاجية ورفع كفاءة التشغيل، فضلاً عن انخفاض عدد الأخطاء بالمفاعلات، كل هذه العوامل تعكس وجه التحسن الذي صاحب هذه الصناعة، وقد أسهمت كل هذه النتائج الطيبة عن صناعة الطاقة النووية في ارتفاع سقف التوقعات لصالح هذه الصناعة.(٢)

❖ أجرى معهد الطاقة النووية استطلاعاً للرأي في عام (٢٠٠٠م) - حول مدى قبول الصناعة النووية من عدمه – قبل التعرف على منافع وفوائد الطاقة النووية وبعدها (في الولايات المتحدة):(٣)

كشفت نتائج هذا الاستطلاع أن أغلبية المستطلع آراؤهم صوتوا لصالح الطاقة النووية بمجرد سماع ومعرفة الفوائد والمنافع البيئية لهذه الصناعة، وقد أجري استطلاع رأي لعينة من خريجي الجامعات عبر الهاتف في الفترة مابين ٣٠ أغسطس إلى ٦ سبتمبر من عام ٢٠٠٠م، وكان من نتائج هذا الاستطلاع، أنه بمجرد قراءة الأشخاص المستطلع أراؤهم لرسالة حول المنافع البيئية للطاقة النووية أصبحت هذه الصناعة أكثر جاذبية لهم – هذا بعكس الحال قبل معرفتهم لفوائد هذه الصناعة.

(1) Wikipedia : "Sustainable energy', ibid.

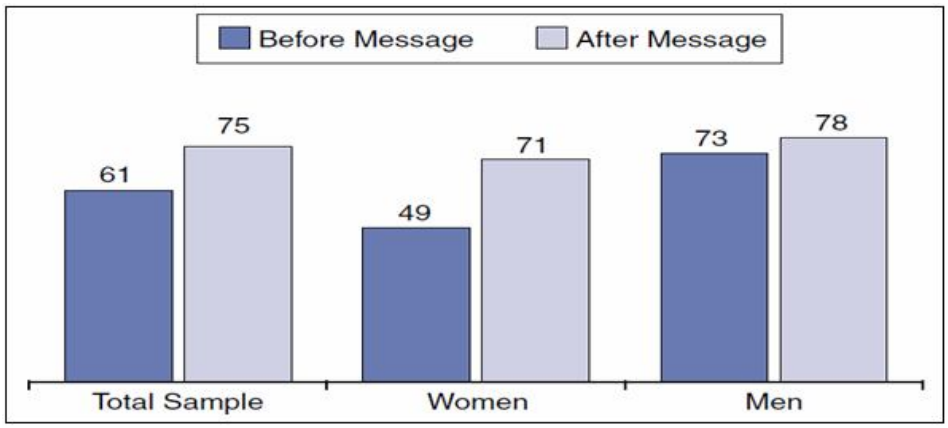
(2) IAEA:"International Status and Prospects of Nuclear Power',2008, p. 9.

(3) ANS : 2000, p. 12.

وقد بلغت نسبة المصوتين لصالح الطاقة النووية قبل معرفة المنافع البيئية لهذه الصناعة حوالي ٦١% من الذين شملهم الاستطلاع. إلا أنه وبعد أن كُشفت المعلومات حول الفوائد البيئية لهذه الصناعة، ارتفعت نسبة المصوتين لصالح الطاقة النووية بحوالي ١٤% أخرى لتصل النسبة الإجمالية لحوالي ٧٥% عموماً.

أما عن نسبة المستطلع آراؤهم من الرجال والنساء حول هذه الصناعة، فقد اتضح أن حوالي ٧١% من النساء الذين شملهم الاستطلاع أيدوا الطاقة النووية، خاصة بعد معرفة فوائدها، مقارنة بـ٤٩% قبل أن تنشر المعلومات عن فوائد هذه الصناعة. أما بالنسبة للرجال، فقد بلغت نسبة المؤيدين حوالي ٧٨% بعد معرفة الفوائد البيئية لهذه الصناعة، و٧٣% قبل معرفة هذه الفوائد. في حين انخفضت أعداد المعارضين لهذه الصناعة بشدة من ١٢% إلى ٧%، عند معرفة الفوائد البيئية للطاقة النووية (انظر الشكل ٦).

الشكل (٦): النسبة المئوية للأشخاص المفضلين للطاقة النووية قبل وبعد سماع الرسائل المذاعة حول المنافع والفوائد البيئية للطاقة النووية.



Source: ANS ; Clean Air Benefit - Survey respondents give good grades to nuclear', NUCLEAR NEWS, November 2000, p. 12, Available at; http://www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/2000-11-2.pdf

كما شمل هذا الاستطلاع أيضاً، استطلاع آراء العديد من المواطنين الأمريكيين حول قدرة محطات الطاقة النووية في تخفيض نسبة الملوثات الناتجة عن محطات توليد الطاقة الأحفورية، كانت نتيجة هذا الاستطلاع أن ٧٣% من المستطلع آراؤهم قالوا: نعم، في حين أن ١٧% قالوا: لا، أما عن النسبة المتبقية فقد صرحوا بأنهم غير متأكدين. وفي استطلاع أخر للرأي حول اختيار موقع جبل يوكا في ولاية نيفادا لبناء أول مستودع جيولوجي في الولايات المتحدة لاستقبال المخلفات النووية الناتجة عن محطات البلاد، كانت نتيجة هذا الاستطلاع الأخير أن حوالي ٣-١ من خريجي الجامعات الأمريكية وافقوا على هذا المشروع. حيث أن حوالي ٦٦% من المستطلع آراؤهم قالوا: نعم، في حين أن ٢٢% قالوا: لا، و١٢% غير متأكدين. ويتضح من هذه الاستطلاعات أن تثقيف الجمهور بالفوائد والمنافع التي تتميز بها الطاقة النووية، تكون عاملاً حاسماً في جذب الرأي العام تجاه هذه الصناعة.

يتضح من العرض السابق، أن اختيار تقنيات الطاقة للنهوض بعملية التنمية المستدامة في أي بلد هو خيار سيادي بالدرجة الأولي، ونظراً للمزايا الكثيرة التي تتمتع بها الطاقة النووية، ودورها في المساهمة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة على كافة مستوياتها، فمن الضروري أن تأخذ هذه الصناعة في الاعتبار لتكون جزءاً هاماً من منظومة الطاقة في الكثير من الدول ، خاصة الدول الأكثر اعتماداً على مصادر الوقود الأحفوري وخاصة الفحم في توليد الطاقة (حيث تعتبر هذه المصادر ناضبة، فضلاً عن كونها ملوثة للبيئة).[1]

ويعتبر التحدي الكبير الذي يواجه انتشار هذه الصناعة، هو إرساء مبادئ عالمية لتشجيع استخدام الطاقة النووية للمساهمة في تحقيق وإنجاز أهدف التنمية

(1) IAEA : "Nuclear Power and Sustainable Development', ibid, p. 4.

المستدامة على مستوياتها الثلاث :- الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.[١] فالطاقة النووية تساهم بدور كبير في تحقيق أمن الطاقة، وفي تلبية الطلب المتزايد على الطاقة للأجيال الحالية المستقبلية على حد سواء، كما أنها تساهم في إحداث تنوع في مصادر توليد الطاقة، فضلاً عن توفير كهرباء وفيرة وبأسعار تنافسية،...إلخ. كما أن الاعتماد على المصدر النووي في توليد الطاقة يساهم في توفير فرص عمل متميزة وبدخول عالية. وأخيراً، فإنها بجانب دورها في توفير مصدر مستدام للطاقة فإنها تعتبر مصدراً نظيفاً للطاقة لا ينبعث عنه أية ملوثات كربونية ؛ ولذلك يرى البعض أنها الأداة الوحيدة القادرة على تنفيذ أهداف بروتوكول كيوتو للتخفيف من التغيرات المناخية.[٢]

(1) IAEA : "IAEA Tools and Methodologies for Energy System Planning and Nuclear Energy System Assessments', Sustainable Energy for the 21st Century, Austria, August, 2009, p. 2, Available at; http://www.iaea.org/INPRO/publications/INPROPESS-brochure.pdf

(2) Johnston (D.) : "Sustainable energy for future generations', ibid, p. 7.

الخاتمة والنتائج والمقترحات

عرضت هذه الدراسة لمدي أهمية الدور الذي يمكن أن يلعبه المصدر النووي بجانب توليد الكهرباء، في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة ومن ثم الحد من التغيرات المناخية، كما تعرفنا من خلالها على الفوائد البيئية والصحية التي تصاحب إنشاء محطات للطاقة النووية ... وذلك من خلال العرض لأربع مباحث رئيسية تلاها عرض للخاتمة والنتائج ومجموعة من المقترحات.

عرض المبحث الأول لدور الطاقة النووية في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، ناقش هذا المبحث عدداً من الفرضيات المهمة – منها: نوع مصادر الطاقة المستخدمة حالياً ونسب إسهام كل منها في الاستهلاك العالمي، مدي تأثير كل من هذه المصادر على مستوي الانبعاثات الكربونية المولدة عالمياً؟ وما هو الدور الحالي والمتوقع للمصدر النووي في التخفيف من حجم هذه الانبعاثات؟

وبالنسبة للمبحث الثاني، فقد عرض لدور الطاقة النووية في مواجهة قضايا تغير المناخ، تناول هذا المبحث للنتائج المترتبة على التغيرات المناخية: من حيث مدي إمكانية تأثر الأوضاع البيئية والأيكولوجية سلباً بالتغيرات المناخية، والتأثير المحتمل للتغيرات المناخية على استدامة نظم الطاقة، وأخيراً التأثير المحتمل للتغيرات المناخية على إمدادات الطاقة.

أما عن المبحث الثالث، فقد عرض لدور صناعة الطاقة النووية في إنجاز أهداف بروتوكول كيوتو لمواجهة قضايا تغير المناخ، والدور الذي يمكن أن يلعبه فرض ضريبة الكربون تفعيلاً لأهداف بروتوكول كيوتو. وبالنسبة للمبحث الرابع والأخير فقد أبرزا دور الطاقة النووية في الحد من المخاطر البيئية والصحية.

ومن خلال العرض السابق، فقد خلصت هذه الدراسة إلى عدد من النتائج والمقترحات، التي نحسبها على درجة من الأهمية، ونشرف بوضعها أمام صانعي القرار الدولي . أما بالنسبة للنتائج فقد كانت على النحو التالي:

- تعتبر قطاعات توليد الكهرباء والطاقة عالمياً الملوث الأكبر للبيئة العالمية بغازات ثاني أكسيد الكربون، حيث قدر حجم إسهام هذا القطاع إضافة إلى قطاع النقل حوالي ٦٦% من إجمالي انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون المنتجة عالمياً، كما أنه وفي حالة ارتفاع معدلات الطلب على خدمات الطاقة فإن هذا يساهم أيضاً في زيادة معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة – بالتوازي مع ارتفاع معدلات إنتاج واستهلاك الكهرباء.
- نظراً لاعتماد أغلب مصادر توليد الكهرباء الحالية المولدة عالمياً على مصادر ملوثة للبيئة – كمصادر الوقود الأحفوري – ممثلاً في النفط والفحم والغاز الطبيعي، حيث يبلغ إجمالي إسهام هذه المصادر بحوالي ثلثي الطاقة المولدة عالمياً، وينبعث عن هذه المصادر كميات هائلة من انبعاثات الغازات الدفيئة، والتي تعد المسئول الأكبر عن ارتفاع درجات الحرارة عالمياً.
- كما يتضح أيضاً إرتفاع معدلات إنبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء يتسبب أضراراً صحية وبيئية بالغة، وأشارت إليه إحدى دراسات المتخصصة إلى أن تلوث الهواء يتسبب في حالات وفاة مبكرة تقدر بحوالي مليوني شخص سنوياً في جميع أنحاء العالم. كما تسهم هذه الملوثات أيضاً، في حدوث اضطرابات صحية ناجمة عن التهابات الجهاز التنفسي وسرطان الرئة وأمراض القلب وغيرها.

- كما يتسبب هذا الإرتفاع معدلات الإنبعاثات الغازية من أكاسيد الكبريت والنيتروجين في حدوث أمطار حمضية تؤذي الطبيعة بشكل عام، فالأمطار الحمضية تتسبب في أضرار للأنظمة البيئية على العديد من المستويات، منها :- المستوى الزراعي والبيئة البحرية والغابات...الخ. علاوة على ذلك، فإنها تتسبب أيضاً في أضرار تصيب بعض مواد البناء، بما في ذلك الآثار التاريخية والثقافية...الخ.
- كما أن الارتفاع الحاد والمستمر في انبعاثات الغازات الدفيئة يتسبب في ارتفاع درجات حرارة الكون أو ما يعرف بظاهرة الاحترار العالمي (أو الاحتباس الحراري)، المتسبب الرئيسي في حدوث ظاهرة التغيرات المناخية، وهو ما سيكون لها من الأثار السلبية السيئة على البيئة، من حيث:

- إمكانية حدوث موجات جفاف في مناطق كبيرة من العالم مما يؤدي إلي زيادة تعرض مئات الملايين من الناس لزيادة الضغط على مصادر المياه.
- وعلى الجانب الزراعي فإنه من المتوقع انخفاض إنتاجية المحاصيل الزراعية، وخاصة إنتاجية الحبوب، نظراً لتغير الظروف المناخية المناسبة لنموها.
- بالإضافة إلى تضرر المناطق الساحلية نتيجة ارتفاع مستوي منسوب مياه سطح البحر (نتيجة انصهار جليد القبتين الجليديتين في القطبين الشمالي والجنوبي)، فضلاً عن زيادة معدلات حدوث الفيضانات والعواصف.
- كما ستتأثر أيضاً الأنظمة البيئية الطبيعية (الإيكولوجية) – سلباً، حيث أن حوالي ٣٠٪ من أنواع الحيوانات ستكون مهددة بالانقراض، خاصة الموجودة منها في الأماكن البرية.

- تتأثر الصحة الإنسانية أيضاً بالسلب، نتيجة للأثار السابقة، وتتوقع العديد من الدراسات زيادة معدلات الأمراض والوفيات الناجمة عن الفيضانات وموجات الحر كما والجفاف في السنوات القادمة.

- كما يكون للتغيرات المناخية تأثير كبير على استدامة نظم الطاقة. حيث يسهم الارتفاع أو الانخفاض الحاد في درجات الحرارة في التأثير على نظم الطاقة، فالارتفاع في درجات الحرارة يساهم في تخفيض كفاءة التبريد للمحطات النووية بما ينعكس على تحقيق انخفاض في الكفاءة الإنتاجية لهذه المحطات، وعلى العكس من ذلك في حالة الانخفاض الحاد في درجات الحرارة إلى درجة التجمد .. فإنه يؤثر بالسلب على تشغيل محطات القوي المائية والنووية.

- كما يكون للتغيرات المناخية تأثيرها المحتمل إمدادات الطاقة، حيث يتسبب الارتفاع أو الانخفاض المفرط في درجات الحرارة في ارتفاع معدلات استهلاك الكهرباء – سواء من أجل أعمال التدفئة أو التبريد.

- ولمواجهة ارتفاع درجات الحرارة والظواهر المناخية المختلفة، فإن الأمر يتطلب تحقيق استقرار في نسب انبعاثات الغازات الدفيئة – في الغلاف الجوي، وهذا يتطلب تحقيق تخفيضات هامة في معدل الانبعاثات الصادرة عن المحطات الكهربائية المعتمدة في تشغيلها على الوقود الأحفوري، ولن يتأتي ذلك إلا من خلال أحد أمرين هما: الاعتماد مبدأ كفاءة الطاقة – من خلال تطوير نظم وأداء الطاقة المستخدمة حالياً، والثاني يتمثل في التوسع في الاستعمال تقنيات الطاقة البديلة والممثلة في مصادر الطاقة ذات المصدر المتجدد.

- وعلى الرغم من أهمية مصادر الطاقة المتجدد – من حيث كونها مصادر نظيفة وصديقة للبيئة، إلا أنه من المرجح أن تظل هذه المصادر غير كافية إلى حد كبير

على تلبية الطلب المتزايد على الطاقة. وبالتالي يصبح المصدر النووي المصدر الوحيد القادر على تلبية احتياجات الأجيال المقبلة من الطاقة – مع الحفاظ على البيئة، إلى جانب المصادر المتجددة.

- فالطاقة النووية هي أساساً طاقة خالية من الكربون وتساهم في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، الملوثة للغلاف الجوي المحلي، والمحفزة أيضاً على انتشار ظاهرة الاحتباس الحراري. كما أنها تنتمي إلى مجموعة من مصادر الطاقة والتكنولوجيات النظيفة والمتاحة اليوم – والممثلة في الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح، التي تنتمي إلى تقنيات منخفضة الكربون، فالمصدر النووي بجانب هذه المصادر يمكن أن يساعد في مواجهة تحدي تغير المناخ فضلاً عن تحديات أمن إمدادات الطاقة.

- وهذا ما تؤكده العديد من الدراسات، على أن الطاقة النووية تمثل حالياً حوالي ١٦٪ من إجمالي الكهرباء المولدة عالمياً. ولا ينتج عنها أية انبعاثات لملوثات من ثاني أكسيد الكبريت أو أكاسيد النيتروجين أو المركبات العضوية المتطايرة أو الغازات المسببة للاحتباس الحراري (الغازات الدفيئة). فضلاً عن ذلك، أن المصدر النووي لا يصدر عنه أية انبعاثات لغاز ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين، والمسببين في تساقط المطر الحمضي وتلوث الهواء.

- كما تبين أن متوسط حجم الإشعاع الناتج عن محطات الطاقة النووية يساوي واحد على ١٠ آلاف من حجم الإشعاع الصادر عن المصادر الطبيعية (الأشعة الكونية)، وهذا يعني أن الإشعاع الصادر عن المصادر الطبيعية (والبشرية – الممثلة في تعرض الإنسان للأشعة السينية الطبية) يزيد عن ما تنتجه المحطات النووية بحوالي عشرة آلاف مرة.

وأخيراً، يتضح أن الدول الأكثر استخداماً للطاقة من مصادر أحفورية تعتبر من أكثر الدول تلويثاً للبيئة، كما هو الحال في الصين والهند وأستراليا والولايات المتحدة. وعلى عكس الحال بالنسبة للدول التي تعتمد بصورة كبيرة على مصادر الطاقة النظيفة، مثل الطاقة النووية ومصادر الطاقة المائية وغيرها من مصادر الطاقة المتجددة.

في ضوء تلك النتائج المشار إليها، أشرف بوضع المقترحات التالية أمام صانع القرار الدولي:

- تطوير كفاءة نظم وأداء مصادر توليد الطاقة المستخدمة حالياً (وخاصة مصادر الطاقة المعتمدة في تشغيلها على الوقود الأحفوري)، وذلك من أجل تحقيق استقرار في نسب انبعاثات الغازات الدفيئة – في الغلاف الجوي، من خلال اعتماد مبدأ كفاءة الطاقة.
- ضرورة التوسع والاستفادة من اقتصاديات وتقنيات الطاقة المنخفضة الكربون، من بينها الطاقة المولدة من المصدر النووي والطاقة المتجددة، وإحلالها محل مصادر توليد الطاقة الملوثة للبيئة كتلك المعتمدة في تشغيلها على مصادر أحفورية، وذلك من أجل التخفيف من معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة، وهذا التخفيف يستند على إزاحة مصادر الوقود الأحفوري من قائمة توليد الكهرباء.
- وهذا يتطلب بناء مزيداً من محطات الطاقة النووية حول العالم – وذلك من أجل الإحلال محل المحطات العاملة بالوقود التقليدي، فضلاً عن تلبية الطلب الحالي والمستقبلي على الطاقة. والحاجة لإبرام اتفاقية دولية جديدة لتخفيض معدلات انبعاثات الغازات الدفيئة بمعدلات أكبر بعد ٢٠١٢م، وذلك تحقيقاً أهداف بروتوكول كيوتو الذي دخل حيز التنفيذ.

- ضرورة إلزام كافة الدول الغير الموقعة على الاتفاقيات الدولية المتعلقة بمواجهة التغيرات المناخية (من بينها بروتوكول كيويو) بالانضمام إلى هذه الاتفاقيات، وفي مقدمتها الولايات المتحدة والصين والهند، وذلك من أجل ضمان تحقيق فاعلية أكثر لهذه الاتفاقيات – بتحقيق انخفاض ملحوظ في معدل انبعاثات الغازات الدفيئة.
- ضرورة أخذ هذه الصناعة النووية في الاعتبار لتكون جزءاً هاماً من منظومة الطاقة في الكثير من الدول – خاصة الدول الأكثر اعتماداً على مصادر الوقود الأحفوري وخاصة الفحم في توليد الطاقة (نظراً لكونها مصادر ناضبة وملوثة للبيئة).
- توفير الآليات التي تزيد من فرص التوسع في استخدم الصناعة النووية، وفي المقابل ضرورة التخفيف من القيود المفروضة عليها من أجل زيادة فرص اسهامها في الجهود الدولية للتعامل مع ظاهرة الاحتباس الحراري ومن ثم الحد من التغيرات المناخية.
- يعد من هذه الآليات، اعتراف المجتمع الدولي بأن الطاقة النووية ستكون وسيلة فعالة للمساهمة في احتواء الزيادة في انبعاثات الغازات الدفيئة. كما ينبغي توفير الآليات الملائمة لمواصلة مشاريع الطاقة النووية – على وجه الخصوص – وضع منهجية أو آلية جديدة تهدف إلى تعزيز دور الطاقة النووية في الجهود المبذولة لمعالجة ظاهرة الاحتباس الحراري في الجولة الجديدة من المفاوضات.
- ضرورة وضع معايير وأسس جديدة لصناعات توليد الطاقة، تقوم على أساس عدم إسهام هذه الصناعات بأية ملوثات تضر بالبيئة، وهو ما يعزز من حجية أو

قدرة الطاقة النووية في أن يكون لها دور مهم في مكافحة الاحترار العالمي وتغير المناخ.

- ضرورة فرض قيود على كافة أنشطة والصناعات – وفي مقدمتها صناعات توليد الطاقة الملوثة للبيئة، يتحقق هذا من خلال فرض تكلفة على انبعاثات الكربون والمسماة "بضريبة الكربون". حيث أن فرض ضريبة الكربون سيزيد من تكاليف وأعباء صناعات توليد الطاقة الملوثة للبيئة وخاصة المعتمدة في تشغيلها على الوقود الأحفوري (الفحم والنفط والغاز الطبيعي)، مما يجعلها في وضع تنافسي أقل في مواجهة مصادر توليد الطاقة منخفضة الكربون وفي مقدمتها الطاقة المولدة من مصادر نووية.

- تشجع ومساعدة الدول المتقدمة – للدول النامية المتعطشة للطاقة على السير بالاتجاه قدماً نحو الطاقة النووية، فضلاً عن تقديم مزيد من الدعم المعرفي والتقني، لبناء منظومة سلمية للطاقة النووية بهذه الدول – بما يساهم في بناء مزيد من المفاعلات النووية حول العالم، وهذا سيكون له دوراً بارز في انجاز أهداف بروتوكول كيوتو في المستقبل.

- إرساء مبادئ عالمية لتشجيع استخدام الطاقة النووية للمساهمة في تحقيق وإنجاز أهدف التنمية المستدامة على كافة مستوياتها – سواء الاقتصادية أو الاجتماعية أو البيئية.

- ضرورة التعريف بأهداف وفوائد الصناعة النووية للرأي العام، على أن يتضمن ذلك – التعريف بالفوائد والمنافع البيئية لهذه الصناعة، وقد اتضح أهمية ذلك من خلال استطلاع للرأي أجري في الولايات المتحدة في عام ٢٠٠٠م، حيث

صوت أغلبية المستطلع آرائهم لصالح الطاقة النووية بمجرد سماع ومعرفة الفوائد والمنافع البيئية للصناعة النووية.

أخيراً، بات العالم بما لا يدعو مجالاً للشك في حاجة إلي تبني أو إدراج المصدر النووي ضمن مصادر توليد الطاقة خاصة بعد ما تعاظمت مشكلات الطاقة في السنوات الأخيرة، فضلاً عن تعالي الأصوات المنادية بضرورة مواجهة التغيرات المناخية. هذا بجانب الدور الهام الذي تضطلع به على الأبعاد الأخرى – بجانب البعد البيئي – كالأبعاد الاقتصادية والاجتماعية، ممثلة في في تحقيق أمن الطاقة، وفي تلبية الطلب المتزايد على الطاقة للأجيال الحالية المستقبلية على حداً سواء، كما أنها تساهم في إحداث تنوع في مصادر توليد الطاقة، فضلاً عن توفير كهرباء وفيرة وبأسعار تنافسية،...الخ. كما أن الاعتماد على المصدر النووي في توليد الطاقة يساهم في توفير فرص عمل متميزة وبدخول عالية...الخ.

قائمة الجداول والأشكال البيانية

قائمة الجداول:

الجدول(١): ارتفاع مستويات تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون ودرجة الحرارة – فوق مستويات ما قبل عصر الصناعية.

قائمة الأشكال البيانية:

الشكل (١): النسب المتوقعة لانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن محطات إنتاج الطاقة المختلفة، على مستوى العالم، حتى عام ٢٠٥٠م.

الشكل (٢): نسب الانبعاثات الكربونية التي تم تفاديها عالمياً في قطاعات توليد الكهرباء – بفضل استعمال تقنيات الطاقة المنخفضة الكربون (الطاقة النووية – والمائية – وغيرها من مصادر الطاقة المتجددة).

الشكل (٣): دور مصادر الطاقة النووية والمتجددة في الحد من معدلات الانبعاثات الكربونية في العديد من الدول.

الشكل (٤): قدرات توليد الطاقة الحالية في الولايات المتحدة من مصادر توليد الطاقة المختلفة.

الشكل (٥): حجم الانبعاثات الإشعاعية الصادرة عن المحطات النووية مقارنة بالإشعاعات الصادرة عن المصادر الأخر.

الشكل (٦): النسبة المئوية للأشخاص المفضلين للطاقة النووية قبل وبعد سماع الرسائل المذاعة حول المنافع والفوائد البيئية للطاقة النووية.

قائمة المراجع

أولاً: قائمة المراجع العربية:

١- الكتب العامة:

- **د. رضا عبد السلام، "الطاقة النووية وأهداف التنمية المستدامة لدول مجلس التعاون"، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الإستراتيجية ٢٠١١م.**
- **د. فتح الله الشيخ، "قضايا علمية معاصرة"، سلسلة العلوم والتكنولوجيا، دار العين للنشر، طبعة خاصة بمكتبة الأسرة ٢٠٠٧م.**
- **فيجاي ف. فيتيسواران، "الطاقة للجميع – كيف ستغير ثورة الطاقة أسلوبنا في الحياة"، ترجمة/ د. إيهاب عبد الرحيم، سلسلة عالم المعرفة نوفمبر ٢٠٠٥م.**
- **د. محمد مصطفي عبد الباقي، "آفاق الطاقة النووية"، عام ٢٠٠٨م، بدون دار نشر.**

٢- الأبحاث والتقارير المنشورة على شبكة الإنترنت:

- **أنّا ماريا سيتو - وفيرنر بوركات، "البيئة في بؤرة الاهتمام"، مجلة الوكالة للطاقة الذرية ٢- ٤٩ مارس ٢٠٠٨م، على الرابط التالي:**

http://www.iaea.org/Publications/Magazines/Bulletin/Bull492/Arabic/49205660610_ar.pdf

- المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)، "المعلومات المناخية والطاقة المستدامة"، منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (UNIDO)، ٢٠٠٩م، على الرابط التالي:

http://www.wmo.int/wcc3/documents/WCC3_factsheet7_energy_AR.pdf

- درويش محمد خميس فريح القبيسي وعمران بن سلطان الحلامي وآخرون، "طاقة المستقبل للعالم العربي- مقارنة الطاقة الشمسية بالطاقة الذرية"، المركز الدولي لأنظمة المياه والطاقة أبو ظبي، ٢٠١٠م، على الرابط التالي:

http://www.terracuranda.net/Altaka_Almia/Arab_Future_Energy.pdf

ثانياً: قائمة المراجع الأجنبية:

*** Books, Study and Reports Scientific;**

- **Alexander (L.) : "How Nuclear Power Can Produce Enough Clean, Cheap, Reliale, American Energy To Create Jobs, Clean The Air, And Solve Global Warming - Senate Republican Conference blueprint For 100 New Nuclear Power plants In 20 Years', Pre-Publication Copy, July 2009, Available at; http://www.coal2nuclear.com/100%20New%20Nuclear%20Power%20Plants%20in%2020%20Years.pdf**

- **Andre (H.) :"Nuclear power and Alberta", Nuclear Power Expert Panel, Feb. 2009, Available at; http://www.energy.alberta.ca/Electricity/pdfs/NuclearPowerReport.pdf**
- **ANS : Clean Air Benefit - Survey respondents give good grades to nuclear', NUCLEAR NEWS, November 2000, Available at; http://www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/2000-11-2.pdf**
- **Chakravorty (U.) & Magné (B.), et-al : "Can Nuclear Power Save the Kyoto Protocol?', 2008, Available at; http://www.www.papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=734403.pdf**
- **Deutch (J.), et-al : "Update of the MIT 2003 future of nuclear power", Massachusetts Institute of Technology, An interdisciplinary MIT Study, 2009, Available at; http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclearpower-update2009.pdf**
- **FORATOM : "Nuclear energy's contribution to sustainable development", for tomorrow, 2005, Available at; http://www.iea-etsap.org/web/.../CASCADE-MINTS-nuclear-c05085.pdf**

• IAEA : "Nuclear Technology Review 2006", 2006, Available at; http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/ntr2006.pdf

• IAEA : "Nuclear Energy and sustainable Development', Printed by the IAEA in Austria April 2006, Available at; http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/06-13891_NP&SDbrochure.pdf

• IAEA : "Nuclear Technology Review 2007", director general, CG/ (51) INF/03, 2007, Available at; http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/ntr2007.pdf

• IAEA : "Nuclear Power and Sustainable Development', Maintaining and increasing the overall assets available to future generations, 2007, Available at; http://www.iaea.org/Publications/Factsheets/English/sustain.pdf

• IAEA : "Nuclear Power and Sustainable Development', Maintaining and increasing the overall assets available to future generations, 2007, Available at; http://www.iaea.org/Publications/Factsheets/English/sustain.pdf

• IAEA : "International Status and Prospects of Nuclear Power', 2008, Available at; http://www.iaea.org/Publications/Booklets/NuclearPower/np08.pdf

• IAEA : "Nuclear technology review 2008', 2008, Available at; http://www.iaea.org/Publications/Reports/ntr2008.pdf

• IAEA : "Climate Change and Nuclear Power', Department of Nuclear Energy 2009, Available at; http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/09-43781_CCNP-Brochure_E.pdf

• IAEA : "IAEA Tools and Methodologies for Energy System Planning and Nuclear Energy System Assessments', Sustainable Energy for the 21st Century, Austria, August, 2009, Available at; http://www.iaea.org/INPRO/publications/INPROPESS-brochure.pdf

• JIIA : "Atoms for the Sustainable Future: Recommendations on Nuclear Energy in the 21st Century", January 2008, Available at; http://www2.jiia.or.jp/en/pdf/polcy_report/pr20080109_proposal.pdf

• Johnston (D.) : "Sustainable energy for future generations', NEA News 2001, Available at; http://www.oecd-nea.org/nea-news/2001/sustainable-energy19-1.pdf

• Kergan (E.) & Decker (E.) : "The economics of nuclear energy markets and the future of international security', working paper # 2008 -01-08, Wharton - University of Pennsylvania, Available at; http://opim.wharton.upenn.edu/risk/library/WP2008-0108,EMK,DD_ENEM.pdf

• Najam (A.) & Cleveland (C.) : "Energy and Sustainable Development at Global Environmental Summits: An Evolving Agenda', 2007, Available at; http://www.climate-talks.net/2007-ENVRE130/PDF/Najam-Energy%20&%20SD-Najam-Cleveland.pdf

• OECD : "Nuclear Energy in a sustainable Development Perspective', 2000, Available at; http://www.nea.fr/ndd/docs/2000/nddsustdev.pdf

• OECD : "Nuclear energy today", policy brief, February 2005, Available at; http://www.oecd.org/dataoecd/32/62/34537360.pdf

- **Pearson (B.) : "The Clean Development Mechanism; an instrument for sustainable development or a new nuclear subsidy', Greenpeace Organization, 2003, Available at; http://www.archive.greenpeace.org/nuclear/cdm.pdf**
- **Ramon Ramirez (J.), et-al : "Nuclear Energy and Social Impact", Instituto Nacional de invistigacions Nucleares, Mexico, 2006, Available at; http://www.springerlink.com/index/g81167367783l310.pdf**
- **SDC : "Sustainable Development Commission, The role of nuclear power in a low carbon economy', position paper 1, March 2006, Available at; http://www.sd-commission.org.uk/data/files/publications/SDC-NuclearPosition-2006.pdf**
- **SDC : "Sustainable Development Commission, The role of nuclear power in a low carbon economy Paper 2: Reducing CO2 emissions - nuclear and the alternatives', An evidence-based report by the Sustainable Development Commission, March 2006, Available at; http://www.sd-commission.org.uk/.../Nuclear-paper2-redu.pdf**
- **Squassoin (S.) : "Nuclear energy; rebirth or resuscitation', Carnegie Endowment for International Peace, 2010, Available**

at;
http://carnegieendowment.org/files/nuclear_energy_rebirth_resuscitation.pdf

- USEC : "The Outlook for Nuclear Development: Implications for Asian Energy Security', Presented at The Atlantic Council Conference on U.S.-Japan Energy Cooperation to Help Achieve Sustainable Development in Asia, Washington, DC, November 16, 2000, Available at; http://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1559-3584.1949.tb05323.x/pdf
- WEC : "The Role of Nuclear Power in Europe', Executive Summary Conseil Mondial de l'Energie 2007, Available at; http://www.wec-france.org/Nucleaire.pdf
- WEC : "The Energy Industry Unveils Its Blueprint For Tackling Climate Change', WEC Statement 2007, Available at; http://www.worldenergy.org/documents/stat2007.pdf
- Wenxing (Z.) : "The Role of Nuclear Power for a Sustainable Development in China', ILK-Symposium, Opportunities and Risks of Nuclear Power, China Guangdon Nuclear Power Corporation Ltd, 26./27.04.2001, Available at; http://www.oecd-nea.org/ndd/docs/2001/nddsustdev.pdf

• **Wikipedia : "Sustainable energy', the free encyclopedia, 26 September 2010, Available at; http://en.wikipedia.org/wiki/Sustainable_energy**