الطاقة في إفريقيا
(التنوع والأثر)

وائل عبد الحكيم عبد السلام العبد
مدرس بالأكاديمية العسكرية للدراسات العليا والاستراتيجية.

مستخلص البحث

عندما نبحث عن قضايا الطاقة نجد أنها هي المحرك الرئيسي لكافة موضوعات التنمية، وترتبط بكافة مناحي الحياة، وترتبط أيضًا بالغذاء، وترتبط بالحرب والسلام والتقدم فهي مفتاح الحضارة والرقي، وبمراجعة القدرات الهائلة للقارة وكذلك الكامنة منها، وأن القارة الإفريقية على الرغم من استنزاف مواردها عبر سنوات ماضية فإنها لم تبح حتى الآن بكثير من أسرارها. تناولت هذه الدراسة إمكانيات القارة من الموارد الطاقوية بأنواعها، سواء كانت من مصادر متجددة أو غير متجددة وأماكن تواجدها، وخرجت بمجموعة من النتائج والتوصيات التي من شأنها تحقيق إدارة جيدة ومشتركة لدول القارة.

الكلمات المفتاحية: مصادر الطاقة في إفريقيا، التنوع، الطاقة المتجددة، الوقود.

المقدمة

الطاقة هي كل ما يستطيع أن يفعله الإنسان بمشقة، أما في الجانب الفيزيائي فهي أيضًا القدرة التي يكتسبها الجسم من جراء حركته وكذلك مقدرة الجسم على أداء شغل بسببه. وهي القوة المحركة للآلات والتكنولوجيا، أي بطريقة بسيطة هي التي تشغل الآلات التي نستعملها في الحياة اليومية، والتي تقوم بالأعمال الشاقة بدلاً منا.

أدى النقص في مصادر الطاقة في الدول الصناعية الكبرى إلى الاعتماد على الخارج لتلبية الاحتياجات الأساسية؛ مما كان له بالغ الأثر في السياسة الخارجية لهذه الدول والمحاولات المستمرة لإيجاد بدائل للنفط والغاز الطبيعي، وبما لا يؤثر على وضعها الاقتصادي ومكانتها الدولية في ظل تنافس القوى الصاعدة وفي مقدمتها الصين والهند.

مع مرور الوقت وزيادة الطلب على الطاقة أدى كَوْن التنافس على الطاقة سببًا في حالات مختلفة من العنف والنزاعات، سواء كانت مرتبطة بوفرة الموارد أو بندرة الموارد وظهور فواعل عنيفة وحروب بالوكالة أخذت أشكالاً مختلفة وتعددت مسمياتها.

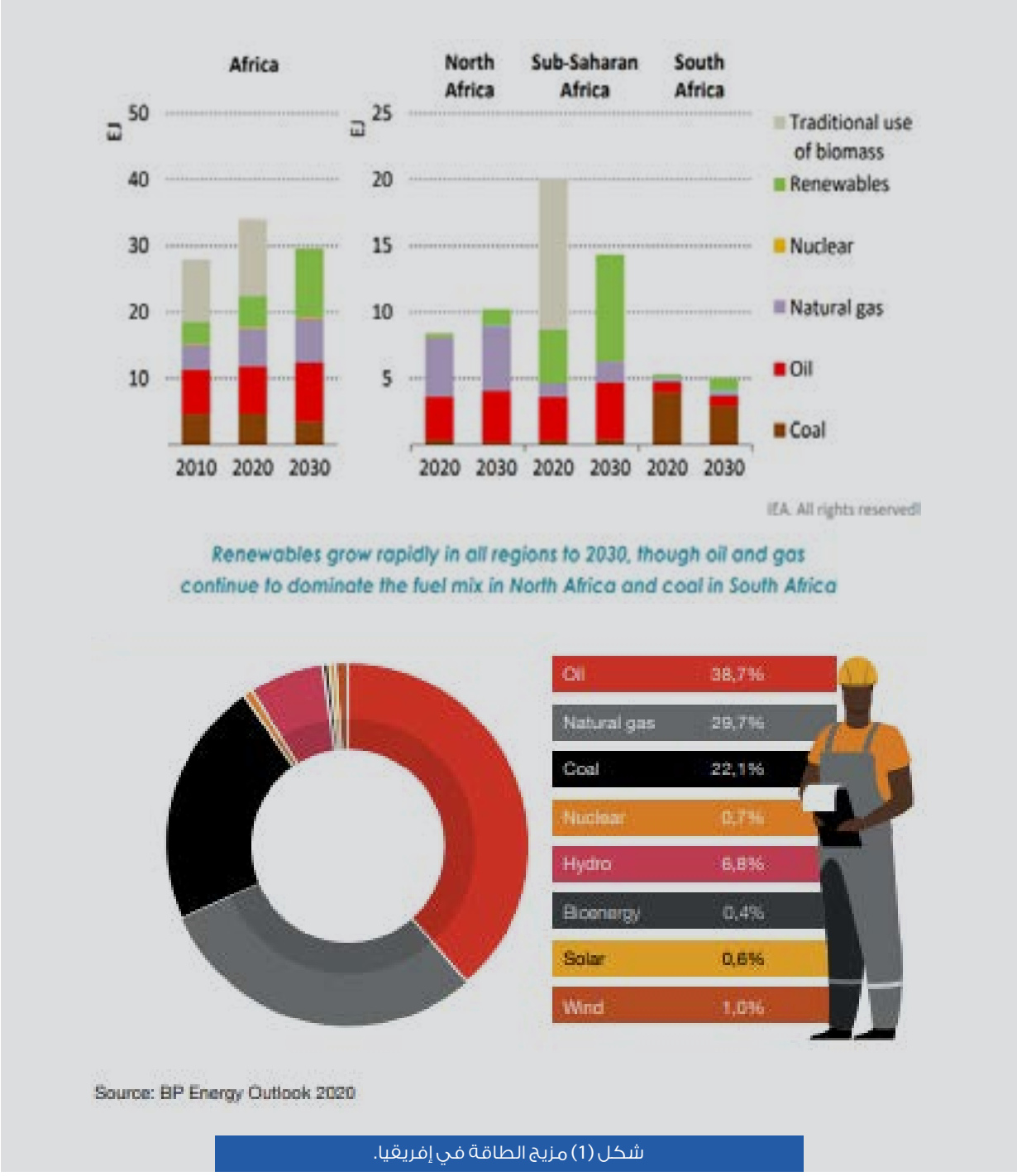
وارتبطت الطاقة بالتغيرات المناخية وبات من الضروري إيجاد بدائل مختلفة لمصادر الطاقة لمجابهة الآثار الناتجة عن ظاهرة الاحتباس الحراري التي تفاقمت بفعل التوسع في استخدام الوقود الأحفوري، فضلاً عن صراعات الموارد وخاصة المرتبطة بالطاقة؛ حيث تحتل مكانة الصدارة بين محصلة الصراعات العالمية بأشكالها وصورها المختلفة، وتتغير ثوابت السياسات الخارجية للدول الكبرى بما يخدم الأهداف المرتبطة بأمن الطاقة.

نظرًا لهذا التأثير الكبير المرتبط بمصادر الطاقة في السياسات الخارجية تتزايد احتمالات ارتباط الموارد بالحروب والنزاعات، بدلاً من أن تكون سفيرًا قويًا ومؤثرًا للسلام على أساس التكامل والاندماج والمصالح المشتركة.

وحيث إن القارة الإفريقية تتمتع بالعديد من المقومات ولديها العديد من الفرص والآمال المرتبطة بكون الطاقة بوابة للسلام، فسوف نتناول من خلال هذه الورقة أهم الفرص والتحديات ثم الخروج بنتائج يمكن أن تساهم في خلق رؤى مشتركة؛ لتحقيق الهدف بالاستفادة من هذا التنوع الهائل والفرص المتاحة في إطار المصالح المشتركة.

مزيج توليد الطاقة في إفريقيا

ظل مزيج الطاقة في إفريقيا ثابتًا نسبيًا على مدار الثلاثين عامًا الماضية، وعلى الرغم من مشاريع الطاقة المتجددة الناجحة، لا يزال النطاق الإجمالي لمصادر الطاقة المتجددة في إفريقيا صغيرًا جدًا، ويهيمن توليد الوقود الأحفوري على مزيج توليد الطاقة الحالي في إفريقيا، وكان هناك تحول أكثر حداثة في مزيج الطاقة المتجددة من خلال تسريع تقنيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، لكنها لا تزال صغيرة عند 1.6% ويمكن الاطلاع على مزيج توليد الطاقة الحالي في إفريقيا من خلال الشكل التالي:

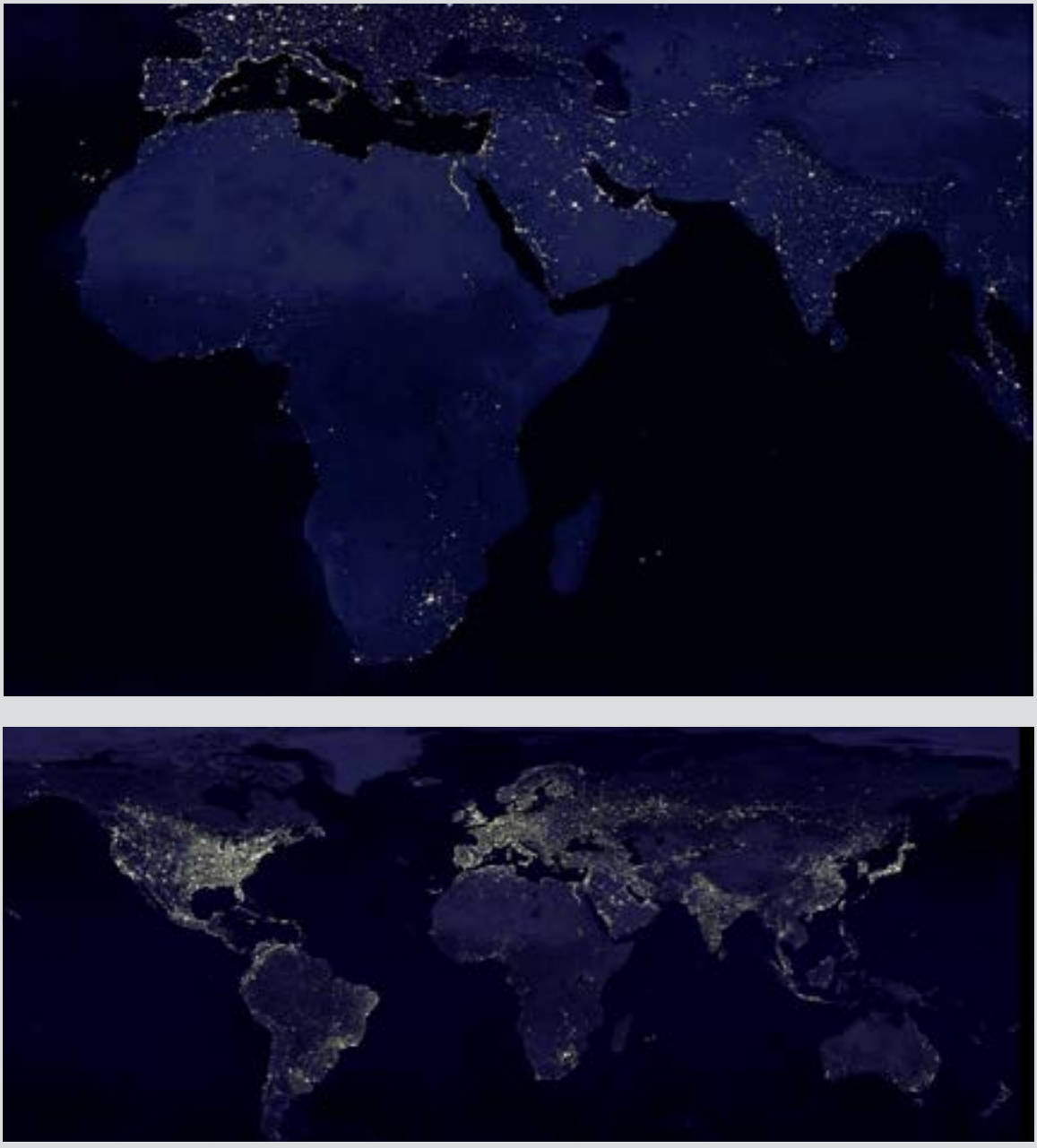


شكل (1) مزيج الطاقة في إفريقيا.

هدف الدراسة:

على الرغم من تعدد مصادر الطاقة في القارة الإفريقية لا يزال تحقيق استفادة من هذا التنوع مرهونًا بتحديات كثيرة تحاول الورقة فهمها والخروج بأنسب التوصيات والمقترحات اللازمة للحل، وقد ذكر البنك الدولي أن 32 دولة من أصل 48 دولة في قارة إفريقيا تعاني من أزمة طاقة.

ويشكل عدم القدرة على إدارة الموارد الطبيعية وخاصة المرتبطة بإنتاج الطاقة عائقًا رئيسيًا أمام التنمية، وتتجلى هذه الإشكالية بشكل خاص في بعض دول إفريقيا جنوب الصحراء الكبرى؛ حيث يعيش غالبية السكان دون الحصول على الكهرباء والطاقة النظيفة (Akinwumi Adesina–2017).

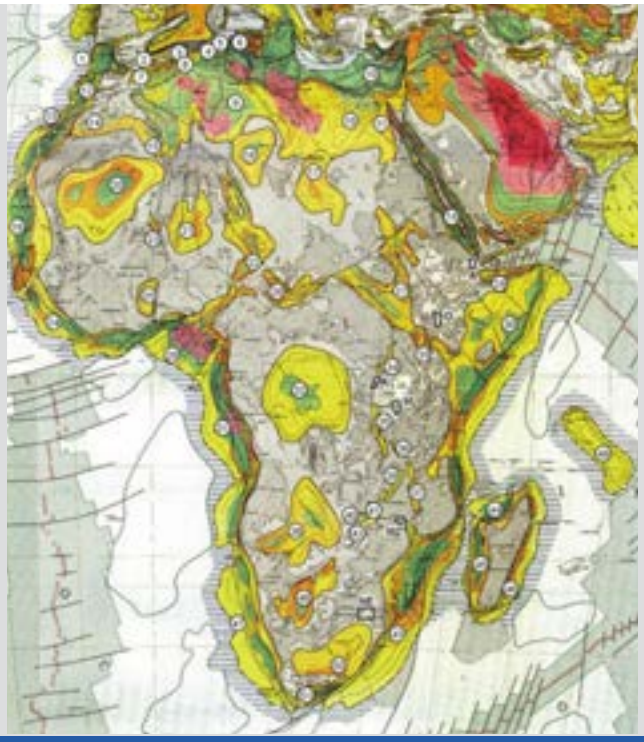


شكل (2) استخدام الطاقة للإنارة في إفريقيا.

1- الموارد الهيدروكربونية

تحدد مسوحات جيولوجية الحد الأقصى لإمكانيات إفريقيا بحوالي 1.273 مليار برميل من النفط والغاز المصاحب لاستخراج النفط و28 تريليون متر مكعب من الغاز الطبيعي، هذا يعني الجدوى الاقتصادية الهائلة لعوائد استخراج النفط من إفريقيا جنوب الصحراء. وبحسب شركة بريتش بتروليوم جاءت تقديراتها أقل بكثير حيث تقدر بـ 128 مليار برميل من النفط وحوالى 41 تريليون متر مكعب من الغاز (Modelevsky and Modelevsky 16).

ووفقًا لتقرير الوكالة الدولية للطاقة فإن الموارد القابلة للاستخراج تُقدر بحوالي 200 مليار برميل من النفط و23 تريليون متر مكعب من الغاز في إفريقيا جنوب الصحراء فقط.



شكل (5) أحواض رسوبية ذات إمكانات هيدروكربونية معروفة أو التي لم يتم اكتشافها بعد. (موديليفسكي 2016).

الشكل (5) هو خريطة لجميع الأحواض الرسوبية في إفريقيا التي تم تحديدها حتى الآن مع إمكانات هيدروكربونية معترف بها مفترض وجود أحواض أخرى قيد الاكتشاف أو في انتظار الاستكشاف. ومن الواضح على الفور أن معظم النفط والغاز موجود في "أحواض الحواف القارية" على طول الساحل. في الواقع، يأتي جزء كبير من النفط المتوفر في منطقة إفريقيا جنوب الصحراء (70%)، بالإضافة إلى جزء كبير من الإنتاج من الحقول البحرية العميقة أو العميقة جدًا (Hafner M. ،2018).

2- النفط أو البترول:

كلمة مشتقة من الأصل اللاتيني "بيترا"Petra والذي يعني الصخر، وأوليومoleum والذي يعني الزيت، كان الاسم بتروليوم petroleum ومعناه زيت الصخر، وقد عرف العرب البترول بمسميات عديدة منها القار، والنفط والزيت والزفت، كما أن له اسمًا دارجًا وهو "الذهب الأسود"، وهو عبارة عن سائل كثيف، قابل للاشتعال، بني غامق، بني مخضر، يوجد في الطبقة العليا من القشرة الأرضية، وأحيانًا يسمى نافثًا باللغة الفارسية والتي تعني قابليته للسريان.

يصعب إيجاد بديل له لصعوبة إحلال بدائل لاستخدامه، فإذا ضربنا مثلاً لاستخدام البنزين لأنه يشكل نسبة ضئيلة من سعر السيارة وأيضًا استخدام بدائل أخرى يتطلب استثمارات كبيرة، فضلاً عن صعوبة إحداث تغييرات في النمط الاستهلاكي لدى المستهلك، فضلاً عن عدم توفر بدائل تغطي استهلاك النفط؛ فالنفط مع التقدم العلمي يشكل حيزًا أكبر في المجالات الإنتاجية والخدمية، فضلاً عن سهولة نقله وتخزينه وتعدد مشتقاته. (مسعودلشب، 2018).

تتميز إفريقيا بوجود بلدان منتجة للنفط وأيضًا لديها من الاحتياطي العالمي ما يجعل النفط الإفريقي ذا أهمية خاصة، ويزيد من أهميته الموقع الجغرافي للقارة والمساحة الهائلة حيث وقوع القارة في منتصف قارات العالم مع إشرافها على أهم الممرات الملاحية مثل البحر الأحمر وقناة السويس؛ مما يقلل تكلفة النقل للخام، وتأتي دول نيجيريا وليبيا وأنجولا والجزائر على قمة الدول المنتجة للنفط في إفريقيا.

الدولة	الاحتياطي من الخام (بليون برميل)	نسبة الاحتياطي من الإنتاج (نسبة مئوية)	الإنتاج (ألف برميل يوميًا)
الجزائر	12.2	21.1	1.579
مصر	3.5	13.7	691
ليبيا	48.4	310.1	426
تونس	0.4	18.4	63
أنجولا	11.6	17.5	1.807
تشاد	1.5	56.1	73
الكونغو	37.1	49.3	2.053
غينيا الاستوائية	1.1	10.7	280
الجابون	2.0	24.1	227
نيجيريا	37.1	49.3	2.053
جنوب السودان	3.5	80.9	118
السودان	3.7	118	43.2
الإجمالي	**7,892**	**44.3**	**128.0**

جدول (1): مقدار الاحتياطي من خام النفط موزع على بعض دول إفريقيا

وبحسب تقرير شركة إيني فإن باقي الدول لديها احتياطيات تقارب من 0.1 مليار برميل، وهي ساحل العاج وجمهورية الكونغو الديمقراطية والجابون وتونس (ENI2017).

3- الغاز الطبيعي

يتكون الغاز الطبيعي نتيجة تحلل عناصر بيولوجية سواء نباتية أو حيوانية تحت سطح الأرض في درجة حرارة عالية نسبيًا، وتحت ضغط عالٍ ولملايين السنين، وهو خليط من عدة غازات أهمها غاز الميثان؛ إذ يتميز عن باقي أنواع الوقود الأحفوري – الفحم والنفط – بأنه يحتوي على أكبر كمية من الطاقة في نفس الكتلة، وينتج عن حرقه تلوث أقل، ويستخدم الغاز الطبيعي في المنازل للتسخين، كما يستخدم في صناعة الأسمدة الزراعية والورق والكيماويات والزجاج والبلاستيك، وكذا وقود السيارات.

يستخرج الغاز الطبيعي من باطن الأرض عن طريق حفر الآبار داخل الصخور للوصول للخزّانات الجوفية؛ إذ تتميز صخور الخزانات الجوفية بطبيعتها ذات المسامية المنخفضة التي تُساعدها على حفظ كميات كبيرة من الغاز الطبيعي أو المياه أو الزيت داخلها، وتتنوع أشكال الغاز الطبيعي التي تُستخرج، **وأهمّها ما يأتي:**

4- الغاز المصاحب للنفط:

يُعدّ الغاز المصاحب أحد أشكال الغاز الطبيعي الذي يتواجد عادة داخل خزانات النفط؛ حيث جرت العادة في الماضي باستخراجه والتخلص منه بحرقه أو إخراجه مع النفايات النفطية، أما اليوم فيتم إعادة استخدامه بعد استخراجه.

تمتع قارة إفريقيا بوفرة من احتياطيات الغاز الطبيعي المؤكدة إلى حد كبير وتتركز في الأجزاء الشمالية من القارة وأيضًا في الغرب، من بين هذه الدول الجزائر وليبيا ومصر ونيجيريا، أكبر منتجي الغاز في العالم، ولكن يتم تحديد احتياطيات أخرى فيها، وتشير تقارير شركة بريتيش بتروليوم إلى أنه في عام 2015 كان لدى إفريقيا 14.1 تريليون متر مكعب من إجمالي الاحتياطيات المؤكدة مع استمرار تطوير واكتشاف مناطق جديدة. يرتبط حوالي سدس احتياطيات الغاز الطبيعي المؤكدة في إفريقيا جنوب الصحراء بالنفط، كما أن حرق الغاز – أي حرق الغاز المصاحب الناتج عن استخراج النفط – منتشر على نطاق واسع. و 60% من حرق الغاز في جنوب إفريقيا، تتبعها أنجولا والكونغو والجابون.

الدولة	احتياطي الغاز بالتريليون (متر مكعب)	نسبة الاحتياطي إلى الإنتاج	الإنتاج بالبليون متر مكعب
الجزائر	4,5	49,3	91,3
مصر	1,8	44,2	41,8
ليبيا	1,5	149,2	10,1
نيجيريا	5,3	117,7	44,9
آخرون	1,1	54,9	20,2
مجموع إفريقيا	14,3	68,4	208,3
الإجمالي	**7,892**	**44.3**	**128.0**

جدول (2): مقدار الاحتياطي من خام النفط موزع على بعض دول إفريقيا

شكل 6: امتداد خطوط أنابيب النفط بإفريقيا.

5 - الفحم:

تنحصر احتياطيات الفحم في جنوب القارة وتقدر بحوالي 36 مليار طن من الفحم الخام و 90% منها في جنوب إفريقيا، يتواجد الاحتياطي في موزمبيق وزيمبابوي وبوتسوانا ويوجد جزء كبير من احتياطيات الفحم في إفريقيا جنوب الصحراء.

الدولة	احتياطي الفحم الخام (بالمليون طن)	نسبة الإنتاج إلى الاحتياطي	الإنتاج بالمليون طن
جنوب إفريقيا	9,893	39	142.4
زيمبابوي	1.7	186	1.7
آخرون	6.3	276	6.3
إجمالي	**150.4**	–	**150.4**

جدول (3) مقدار احتياطى الفحم بجنوب إفريقيا

شكل 7: رواسب الفحم (الأحمر: الأنثراسيت والقار: الأخضر: الليجنيت).

6 - الطاقة النووية:

إن التعريف المعروف عن الطاقة النووية هو: الطاقة المنبعثة نتيجة لتفاعل نووي، وتحديدًا من انشطار نووي أو اندماج نووي. ومن الناحية العملية، تستخدم الطاقة النووية وقودًا مصنوعًا من اليورانيوم المُستخرج من الأرض والمُعالج لإنتاج البخار وبالتالي توليد الكهرباء. الجدير بالذكر أن الطاقة النووية هي المصدر الوحيد الذي يمكنه توليد كميات كبيرة من الكهرباء– تُعرف بكهرباء الحمل الأساسي– على نحوٍ موثوق دون انبعاث أي غازات ضارة مثل غازات الاحتباس الحراري.

يُستخدم اليورانيوم المُخصب وقودًا للمفاعلات النووية، وهو عنصر طبيعي مشع متوفر بكثرة وموجود في أغلب الصخور. وحين يضمحل اليورانيوم أو يتحلل تنتُج منه حرارة داخل القشرة الأرضية. وبطريقة مشابهة تنتج الحرارة داخل المفاعل النووي. (مؤسسة الإمارات للطاقة النووية، 2021).

تعد إفريقيا مصدرًا رئيسيًا لليورانيوم في العالم، ويُصدر إلى الولايات المتحدة والدول الأوروبية وتحتوي القارة الإفريقية على 18% من الاحتياطي العالمي، ويتركز معظم الإنتاج في ثلاث دول رئيسية هي: جمهورية جنوب إفريقيا والنيجر وناميبيا.

يتواجد يورانيوم الحجر الرملي في الجابون و(Mounana، Mikouloungou)، والنيجر والجزائر وجمهورية وسط إفريقيا وزامبيا ورواسب الكارو في جنوب إفريقيا. ويتميز هذا النوع ببساطته الجيولوجية حيث الصخور السطحية الضعيفة مما يسهل إنتاج اليورانيوم منه؛ مما يعطي ميزة كبرى للإنتاج منه بالنسبة للشركات التعدينية7.

توزيع وإنتاج اليورانيوم في إفريقيا

يتركز تعدين اليورانيوم في إفريقيا في ثلاث مناطق هي:

– الجنوب الإفريقي مصدر رئيسي لليورانيوم والذي يضم: Witwatersrand Basin، Rousing، Karroo، Kariba Lake، Shinkolobwe، Domes،

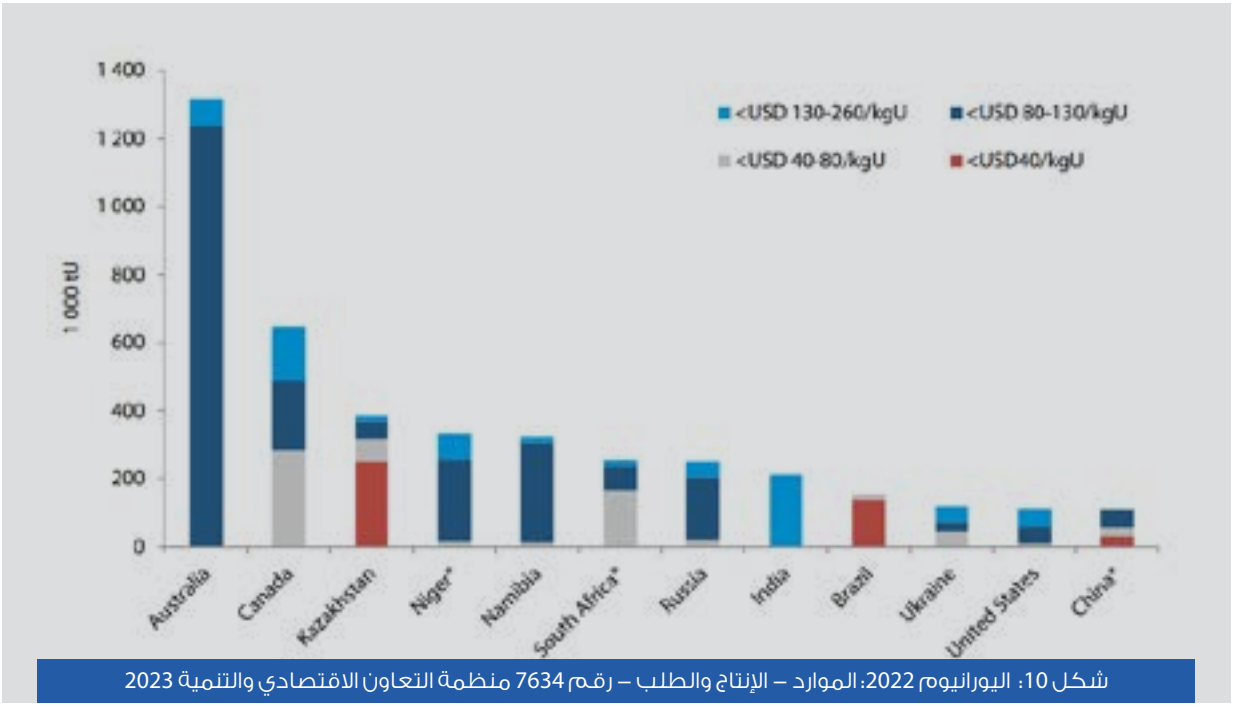
– المنطقة الاستوائية.

– تعد إفريقيا جنوب الصحراء مصدرًا رئيسيًّا لليورانيوم في العالم الذي يُصدِّر معظمه إلى الولايات المتحدة والدول الأوروبية.

وتحتوي القارة على 850 ألف طن من اليورانيوم، أي ما يساوى 18% من الاحتياطي العالمي ويتركز الاحتياطي في ثلاث دول رئيسية هي جمهورية جنوب إفريقيا (7%) والنيجر (6%) وناميبيا (5%).

شكل 8: أهم الدول الإفريقية التي بها ترسيبات يورانيوم والنسبة المئوية للإنتاج.

شكل (9): يوضح توزيع اليورانيوم التقليدي القابل لاستخراج الموارد بين بلدان مختارة ذات حصة كبيرة في تواجد اليورانيوم.



شكل 10: اليورانيوم 2022: الموارد – الإنتاج والطلب – رقم 7634 منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية 2023

ثانيًا: الطاقة من (مصادر متجددة)

وهي التي لها القدرة على تجديد نفسها وتتمتع بطابع التجدد والديمومة ومنذ وقت ليس ببعيد، كان توليد الطاقة المتجددة خيارًا باهظ التكلفة، وتحتاج إلى دعم من قبل الحكومات الصناعية لدعم التحول إلى الطاقة النظيفة، ولكن اليوم أصبحت الموارد المتجددة أصولاً استراتيجية للبلدان النامية، ومع نمو الصناعة العالمية بشكل أقوى وتزايد الطلب على الطاقة تنخفض تكلفة التكنولوجيا بشكل كبير. وتتجلى إمكاناتها أيضًا مع النمو في إفريقيا؛ حيث تتوافر موارد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية والطاقة الحرارية الأرضية والكتلة الحيوية. في حين أصبح من الواضح أن مصادر الطاقة المتجددة لها دور رئيس في عملية النمو.

وتتمتع القارة بإمكانية كثيرة ومتعددة من أجل الوصول إلى مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة المائية والكتلة الحيوية والطاقة الشمسية، بالإضافة إلى الطاقة الحرارية الأرضية لتوفير الطاقة الكهربائية الكافية للمواطنين، ووضع تقرير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة لإفريقيا 2030 خارطة طريق واسعة النطاق لانتقال الطاقة في البلدان الإفريقية.

وتعمل إفريقيا حاليًا على تسريع تبني حلول الطاقة النظيفة بما يتماشى مع أجندة 2063 للاتحاد الإفريقي، والهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة. فعلى سبيل المثال تعمل دول إفريقية مثل مصر وكينيا والمغرب وجنوب إفريقيا بشكل تدريجي على توجيه جهود الطاقة المتجددة هذه، كما وضعت دول إفريقية أخرى مثل إثيوبيا وجيبوتي ورواندا وغيرها أهدافًا طموحة للطاقة المتجددة، والجدير بالذكر أن دولاً إفريقية أخرى تحذو حذوها، ويتم اعتماد الطاقة المتجددة بشكل تدريجي في جميع أنحاء القارة.

ومن أهمها:

1- الطاقة الشمسية

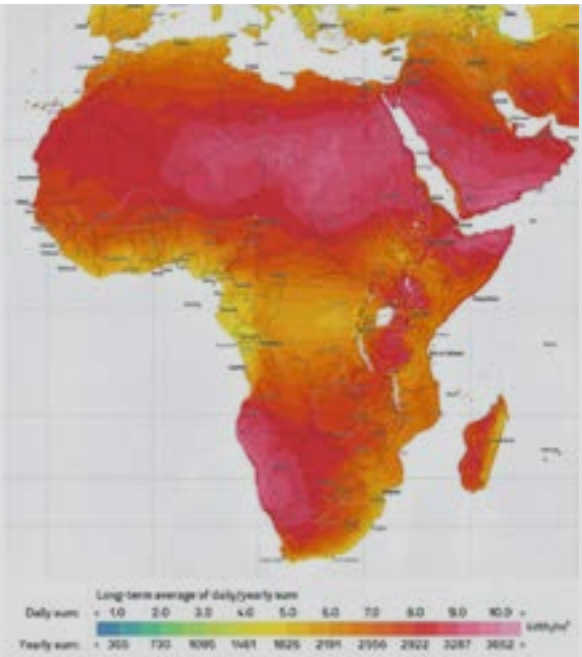
تقع إفريقيا بين خط عرض 37 شمالاً و32 جنوبًا وتمتد على مساحة واسعة تعبر خط الاستواء وتمتد من المنطقتين الاستوائيتين، وتتعرض الدول الإفريقية لعدد كبير من ساعات سطوع الشمس مما يجعلها مناسبة جدًا لإنتاج هذه النوعية من الطاقة النظيفة.

محطات الطاقة الشمسية في جمهورية الكونغو الديمقراطية: وقّعت شركة الكهرباء المملوكة للدولة في جمهورية الكونغو الديمقراطية اتفاقيات شراء الطاقة لمحطتين للطاقة الشمسية في البلاد، وتقع محطتا الطاقة الشمسية في بلدتي كولويزي وليكاسي، وبقدرة تقدر بـ100 ميجاوات لكل منهما، وستكلف محطتا الطاقة الشمسية 148 مليون دولار و157 مليون دولار على التوالي.

محطة موجالاكوينا للطاقة الشمسية: تم الاتفاق على بناء محطة للطاقة الشمسية الكهروضوئية بقدرة 100 ميجاوات في منجم موغالاكوينا في جنوب إفريقيا، وتشكل محطة الطاقة الشمسية جزءًا من استراتيجية الدولة الأوسع لدمج الطاقة المتجددة مع عمليات التعدين، وستساهم في حياد الكربون في المنجم مع تعزيز الكفاءة التشغيلية.

مشروع شمبا للطاقة الشمسية: ستقوم شركة Shumba Energy باستثمارات يبلغ مجموعها 950 ألف دولار أمريكي في مشروع الشركة للطاقة الشمسية والذي تبلغ تكلفته 80 مليون دولار، بطاقة 100 ميجاوات في بوتسوانا، مع التمويل الكامل المتوقع بحلول الربع الثاني من عام 2022 سيمثل المشروع الأكبر في بوتسوانا، وهي خطوة مهمة في تحول الشركة من الاستثمار في الوقود الأحفوري إلى مصادر الطاقة المتجددة.

محطات شمسية في غانا: أعلنت حكومة غانا عن خطط لبناء ثماني محطات للطاقة الشمسية في غانا، ومن المتوقع أن يبدأ اختيار الموقع في الربع الأول من عام 2022، مع تحديد سعة المصنع حسب الحجم والمواصفات المقدمة من قبل المستثمرين.



شكل (11): توزيع الإشعاع الشمسي على قارة إفريقيا.

2- طاقة الرياح

طاقة الرياح مستخرجة من الطاقة الحركية للرياح باستخدام توربينات الرياح الكبيرة الموجودة على اليابسة (البرية) أو في البحر أو المياه العذبة (البحرية). تستخدم طاقة الرياح منذ آلاف السنين، غير أن تكنولوجيات طاقة الرياح البرية والبحرية قد تطورت خلال السنوات القليلة الماضية لإنتاج أكبر حجم من الكهرباء باستخدام توربينات أطول وأقطار دوارة أكبر.

لا تحظى طاقة الرياح في القارة الإفريقية بتوزيع عادل على الرغم من الإمكانيات المتوفرة لدى القارة لإنتاج هذا النوع من الطاقة؛ حيث يمكن استخدام الطاقة الميكانيكية الناتجة عن توربينات الرياح لتشغيل مجموعة متنوعة من الآلات مثل مضخات الري وإنتاج الكهرباء، مع إمكانية وضعها في المناطق الريفية، ومع الأخذ في الاعتبار الموقع الجغرافي للدول تضاف ميزة إضافية للبلدان الواقعة على السواحل.

يضاف إلى ذلك وجود الصحارى والسواحل والقنوات الطبيعية التي تلعب لصالح ارتفاع سرعة الرياح في إفريقيا؛ لذلك تصبح الصحراء الكبرى مرشحة بشدة وكذلك دول الساحل بما في ذلك النيجر والسودان وتشاد وفي المناطق الجبلية في الجنوب الإفريقي (Opportunities, 2018).

يمكن استخدام الطاقة الميكانيكية الناتجة عن تشغيل توربينات الرياح لتشغيل مجموعة من المعدات، وتعتبر طواحين الرياح أصولاً ثابتة في المجتمعات الريفية.

3 - الطاقة الحرارية الجوفية (Geothermal energy):

هي مصدر طاقة بديل ونظيف ومتجدد، وهي طاقة حرارية مرتفعة ذات منشأ طبيعي مختزنة في باطن الأرض؛ حيث يقدر أن أكثر من 99% من كتلة الكرة الأرضية عبارة عن صخور تتجاوز حرارتها 1000 درجة مئوية. وترتفع درجة الحرارة بزيادة تعمقنا في جوف الأرض بمعدل نحو 2.7 درجة مئوية لكل 100 متر في العمق، أي أنها تصل إلى معدل 27 درجة مئوية على عمق كيلومتر أو 55 على عمق كيلومترين وهكذا.

ويستفاد من هذه الطاقة الحرارية بشكل أساسي في توليد الكهرباء، ويتطلب ذلك حفر أنابيب كثيرة إلى أعماق سحيقة قد تصل إلى نحو 5 كيلومترات. وفي بعض الأحيان تستخدم المياه الساخنة للتدفئة عندما تكون الحرارة قريبة من سطح الأرض، ونجدها على عمق 150 مترًا أو أحيانًا في مناطق معينة على صورة ينابيع حارة تصل إلى سطح الأرض.

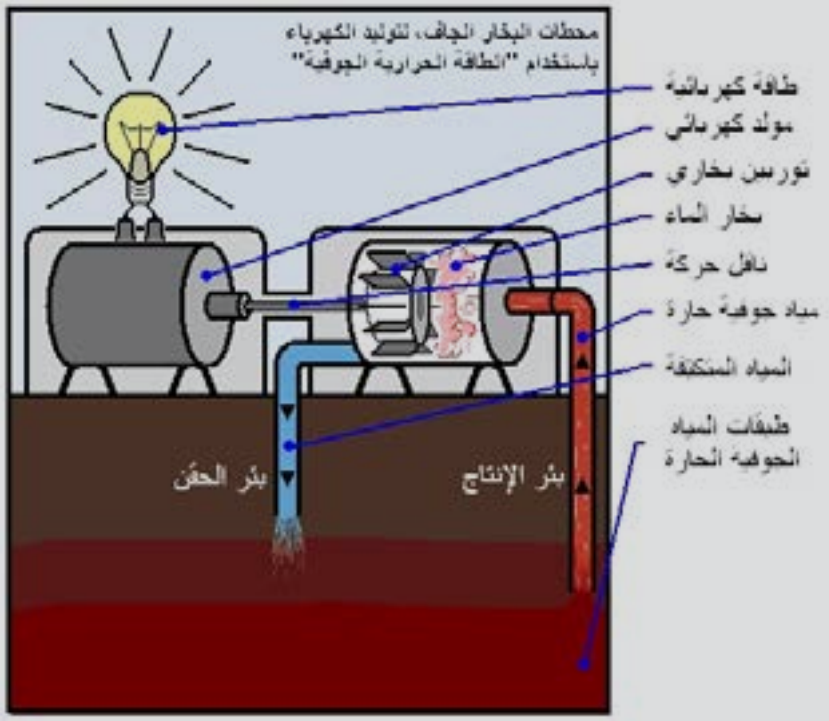
هذه الطاقة المتجددة، نظريًا، يمكن أن تكفي لتغطية حاجة العالم من الطاقة لمدة 100.000 سنة قادمة إلا أن تحويلها إلى طاقة كهربائية هي عملية باهظة التكاليف؛ بسبب عمليات الحفر إلى أعماق سحيقة والحاجة إلى أنابيب كثيرة لاستخراج الماء الساخن بكميات وفيرة، وذلك رغم أن الطاقة الأساسية (المادة الأولية) مجانية وهي متوفرة بكثرة لكن هناك صعوبة في الحصول عليها.

تستخدم الطاقة الحرارية الأرضية الطاقة الحرارية المتوفرة في باطن الأرض. ويتم استخراج الحرارة من الخزانات الحرارية الأرضية باستخدام آبار أو وسائل أخرى.

وتُعرف الخزانات الساخنة والقابلة للنفاد بالخزانات الحرارية المائية، في حين يُطلق على الخزانات الساخنة بدرجة كافية– والتي يتم تحسينها بالتحفيز الهيدرولوجي– اسم أنظمة الطاقة الحرارية الأرضية المحسنة.

شكل (12) إحدى محطات إنتاج الطاقة الجيوحرارية.

بمجرد وصولها إلى السطح، يمكن استخدام سوائل بدرجات حرارة مختلفة لتوليد الكهرباء. وتعد تكنولوجيا توليد الكهرباء من الخزانات الحرارية المائية ناضجة وموثوقة لاستخدامها من أكثر من مائة عام.



شكل (13) فكرة إنتاج الكهرباء بواسطة الطاقة الحرارية الأرضية.

يتم تحويل الطاقة الحرارية الأرضية إلى طاقة كهربائية، في محطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الجوفية. هناك ثلاثة أنواع من محطات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الحرارية الجوفية، **وهي كالتالي:**

أ- محطات البخار الجاف:

هذه الطريقة هي أقدم الطرق وأكثرها انتشارًا، وهي نفس الطريقة التي استخدمت في إيطاليا سنة 1904م. تستخدم هذه المحطات الماء الموجود بشكل طبيعي في الطبقات الأرضية العميقة والموجود تحت تأثير ضغط وحرارة عاليين، فيتم استخراجه بواسطة حفر آبار عميقة فيخرج على شكل بخار ماء؛ بسبب حرارته العالية وبسبب فرق الضغط.

يسير هذا البخار في أنابيب ثم يعرض لتوربينات تدير المولدات الكهربائية التي تنتج الطاقة الكهربائية. ويضخ الماء المتكثف إلى الأرض عبر بئر أخرى تسمى بئر الحقن.

ب- محطات التبخير:

تستخدم هذه المحطات السوائل الموجودة بضغط عالٍ تحت الأرض؛ حيث يتم تركيزها في وعاء ذي ثقب صغير يؤدي إلى وعاء آخر ذي ضغط معتدل، فعند حركة السائل من الوعاء الأول إلى الثاني عبر الثقب يتبخر بسبب السرعة وفرق الضغط العالي. يحرك البخار التوربين فيحرك بدوره المولدات الكهربائية التي تنتج الكهرباء. ويضخ الماء المتكثف المتبقي إلى الأرض عبر بئر الحقن.

ج- محطات الدائرة المزدوجة:

تستخدم هذه المحطات السوائل الموجودة تحت الأرض ذات درجة غليان مرتفعة (حوالي 200 مئوية) ويتم ضخها إلى الأعلى حيث تقوم بتسخين الماء ذي درجة غليان عادية (100 مئوية) في أنبوب آخر يمر بمحاذاة الأنبوب الساخن (مبادل حراري). ويتبخر الماء الذي تم تسخينه بسبب درجة الحرارة المرتفعة للسائل

في الأنبوب الآخر. ويحرك البخار توربين المولد الكهربائي ويتكثف فيعود مجددًا إلى محاذاة الأنبوب الساخن، ويتحرك بهذه الطريقة في دوران مستمر. يُعاد ضخ الماء المستخرج مجددًا إلى الأرض عبر بئر الحقن.

د- الاستخدام في التدفئة والتكييف:

يلزم لاستغلال الطاقة الحرارية الجوفية في التدفئة والتكييف درجات حرارة عالية، وبالتالي فهي تستخدم آبارًا متوسطة العمق ويسهل إجراؤها. وعلى سبيل المثال فقد بدأت شركة إيكيا السويدية الشهيرة بتدفئة محلاتها الواسعة في الشتاء بالماء الساخن المستخرج من باطن الأرض على عمق 150 مترًا. كما تستغل تلك الحرارة أيضًا في الصيف في تشغيل آلات تكييف الهواء. وتعمل إيكيا بالتعاون مع المعمل الوطني لاستغلال الطاقة المتجددة التابع لوزارة الطاقة بالولايات المتحدة الأمريكية لاستخدام الحرارة الأرضية في صالة مبيعاتها، وتقدر مساحتها بنحو 39.000 متر مربع والموجودة في مدينة دنفر، كولورادو. (Ladislaus Rybach، SEPTEMBER 2007).

هـ- إيجابيات هذه الطاقة:

– طاقة متجددة، فهي من مصادر الطاقة التي لا تنفد على الأقل للأجيال القادمة.

– طاقة نظيفة غير مضرة بالبيئة، ولا تسبب أي تلوث سواء في استخراجها أو في تحويلها أو استعمالها.

– توفُّرها بكميات كبيرة جدًا وفي مساحات شاسعة ولأغلب بلدان العالم.

– قلة تكاليف إنتاج الطاقة بعد التكاليف الأولية لإنتاج المحطة (والتي يمكن أن تكون باهظة).

– المردود العالي للطاقة المستخرجة.

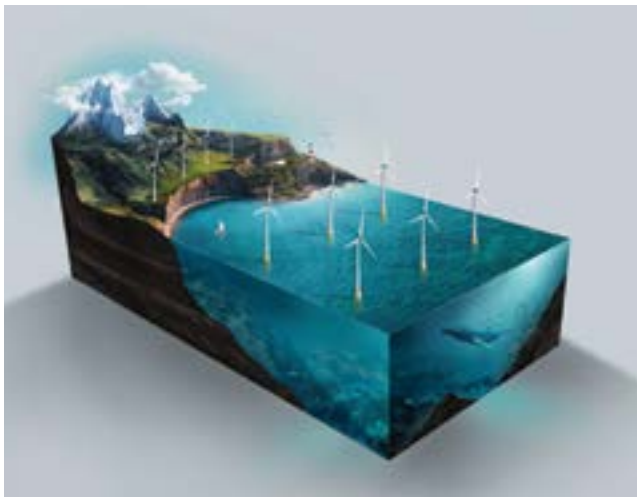
4 - الطاقة الكهرومائية:

يعتبر مصطلح كهرومائية مصطلحًا شاملاً للكهرباء والماء معًا، وتتولد الطاقة من استغلال الطاقة المائية لتوليد الطاقة الكهربائية، وتعتبر طاقة نظيفة للغاية، وذات انتشار واسع. وفي عملية استغلال هذه الطاقة يتم الاعتماد كليًا على الطاقة الكامنة في المياه، أو طاقة الوضع، وتحويلها إلى طاقة حركية من خلال سقوط الماء وانسيابه من أعلى إلى أسفل، لتتم إدارة توربينات التوليد، فيبدأ المولد الكهربائي بالدوران، وبالتالي يعمل على إنتاج الطاقة الكهربائية.

وفي أنحاء إفريقيا، تعد الطاقة الكهرومائية مسؤولة عن 84% من استخدامات الطاقة من الوقود غير الأحفوري. لكن في قارة غنية بالبحيرات والأنهار، تكون فرص التوسع في استغلال الطاقة الكهرومائية هائلة.

يرى خبراء طاقة عديدون أن للسدود الكبيرة دورًا حيويًا في حل أزمة إمدادات الطاقة في إفريقيا، لكنها مصحوبة بحزمة معقدة من التحديات الاجتماعية والبيئية.

ولمجابهة هذه التحديات، تعمل منظمات الطاقة الكهرومائية الدولية وبنوك التنمية على تطوير معايير استدامة؛ وهي مبادئ توجيهية من شأنها تقييم الموارد المائية في القارة، وتقدير (بيلو، 2014).



Rank	Based on drainage area		Based on length		Based on average annual total discharge	
	Name	Drainage area ('000 km²)	Name	Length (km)	Name	Average annual total discharge (km³/yr)
1	Amazon	6 915	Nile	6 670	Amazon	6 923
2	Congo	3 680	Mississippi*	6 420	Ganges	1 386
3	Murray	3 520	Amazon	6 280	Congo	1 320
4	La Plata	3 160	Yangtze	5 520	Orinoco	1 007
5	Ob	2 990	Mackenzie*	5 472	Yangtze	1 006
6	Mississippi*	2 940	La Plata	4 700	La Plata	811
7	Nile	2 870	Hoang Ho	4 670	Yenisei	618
8	Yenisei	2 580	Mekong	4 500	Lena	539
9	Lena	2 490	Lena	4 400	Mississippi*	510
10	Niger	2 090	Congo	4 370	Mekong	505
11	Amur	1 855	Niger	4 160	Chutayan	430
12	Yangtze	1 800	Ob	3 650	Ob	404
13	Mackenzie*	1 790	Yenisei	3 490	Amur	380
			Murray	3 480		
14	Ganges	1 730	Volga	3 350	Mackenzie*	325
15	Volga	1 380	Indus	3 180	St. Lawrence*	318
16	Zambezi	1 330	St. Lawrence*	3 060	Niger	302
17	St. Lawrence*	1 030	Ganges	3 000	Volga	255
			Yukon*	3 000	Nile	84

Source: Adapted from *World Water Resources and Their Uses*, Joint SHI/UNESCO Product, prepared by Prof. Igor A. Shiklomanov, 1999.

* Partly or entirely in Canada.

شكل 14 استعراض للطاقة الإفريقية 2021

شكل (15) المصدر: وزارة الكهرباء والطاقة.

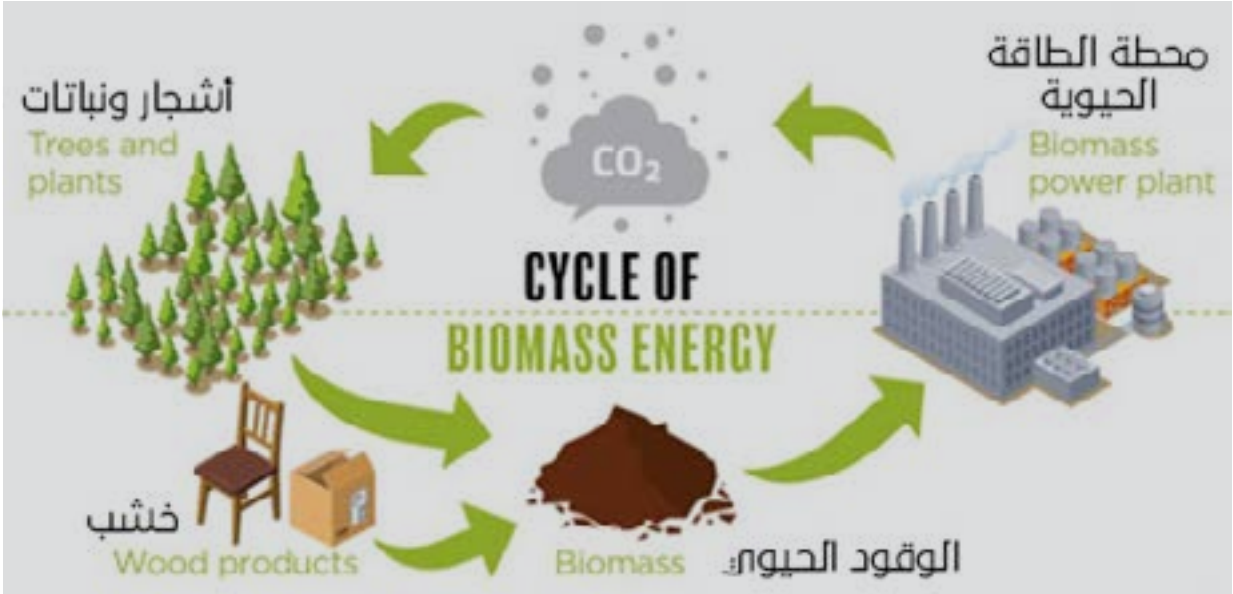
وتعتمد محطات تخزين الطاقة الكهرومائية على المياه المخزنة في خزان، بينما تستغل محطات الطاقة الكهرومائية في مجرى النهر الطاقة من مجرى النهر.

غالبًا ما يكون لخزانات الطاقة الكهرومائية استخدامات متعددة: توفير مياه الشرب ومياه الري، والتحكم في الفيضانات والجفاف، وخدمات الملاحة، وإمدادات الطاقة.

6 - الطاقة الحيوية:

ويرمز مصطلح "الطاقة الحيوية" إلى الطاقة أو الحرارة أو الكهرباء التي يمكن الحصول عليها عبر عمليات مختلفة من مصادر الكتلة الحيوية المتنوعة التي تختزن الكربون الذي ينبعث بمجرد تحلله على شكل غاز ثاني أكسيد الكربون، تقليديًا عن طريق الحرق المباشر للمخلفات الزراعية والغابية والأخشاب لإنتاج الطاقة الحرارية اللازمة لأغراض الطهي وتسخين المياه والتدفئة في المناطق الريفية والنائية، وأحيانًا من طرق حديثة، تتضمن استغلال معالجة المخلفات العضوية.

يعتبر مصدر الطاقة الحيوية منافسًا قويًا لمصادر النفط في ضوء ارتفاع أسعاره، ويصنف من أحد مصادر الطاقة المتجددة، ومن أكثر المصادر المستخدمة في إنتاج الوقود الحيوي المستدام النباتات ومخلفات الزراعة والطحالب والخشب وغاز الميثان الذي يتم حصاده من النفايات.



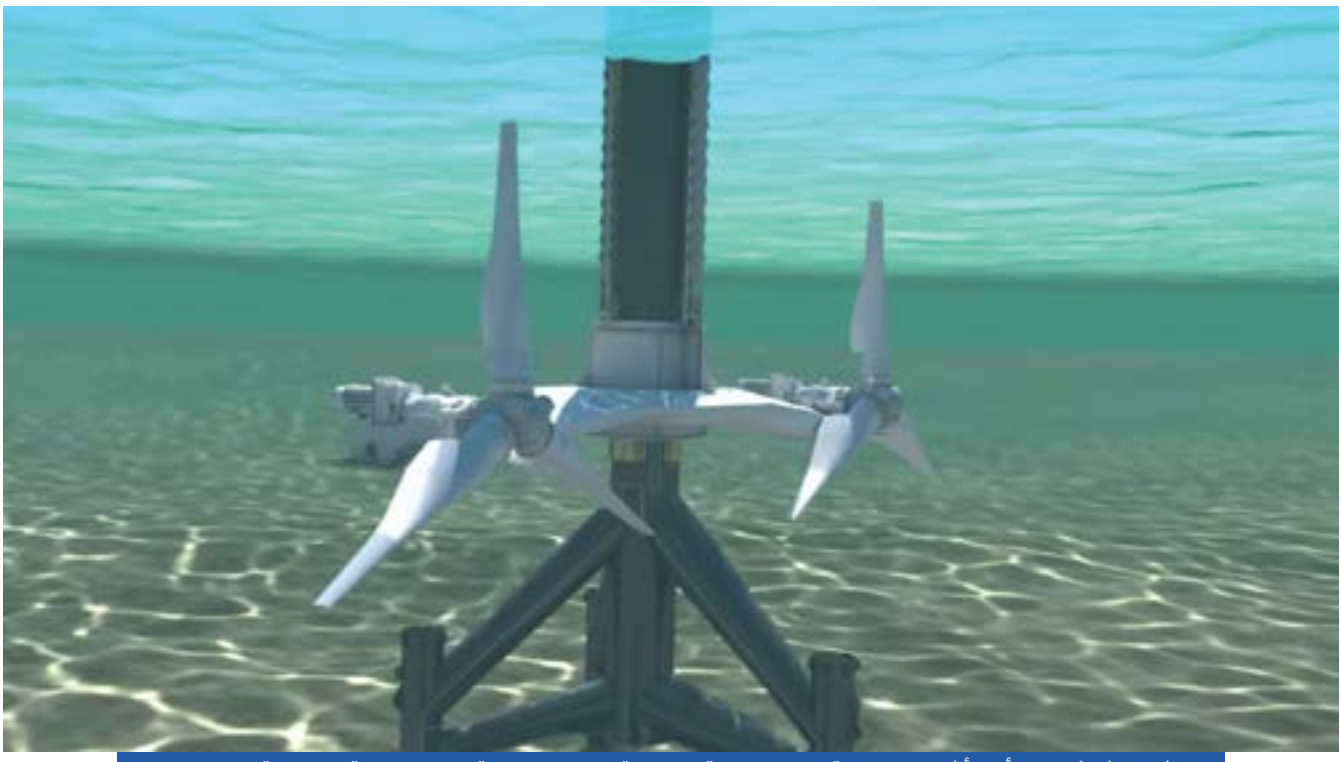
شكل (16) دورة الطاقة الحيوية.

7- الهيدروجين الأخضر:

يجرى إنتاج الهيدروجين الأخضر عن طريق التحليل الكهربائي، عن طريق تحليل الماء إلى عنصرين أساسيين هما الهيدروجين والأكسجين دون نواتج ثانوية.

8 - الطاقة البحرية:

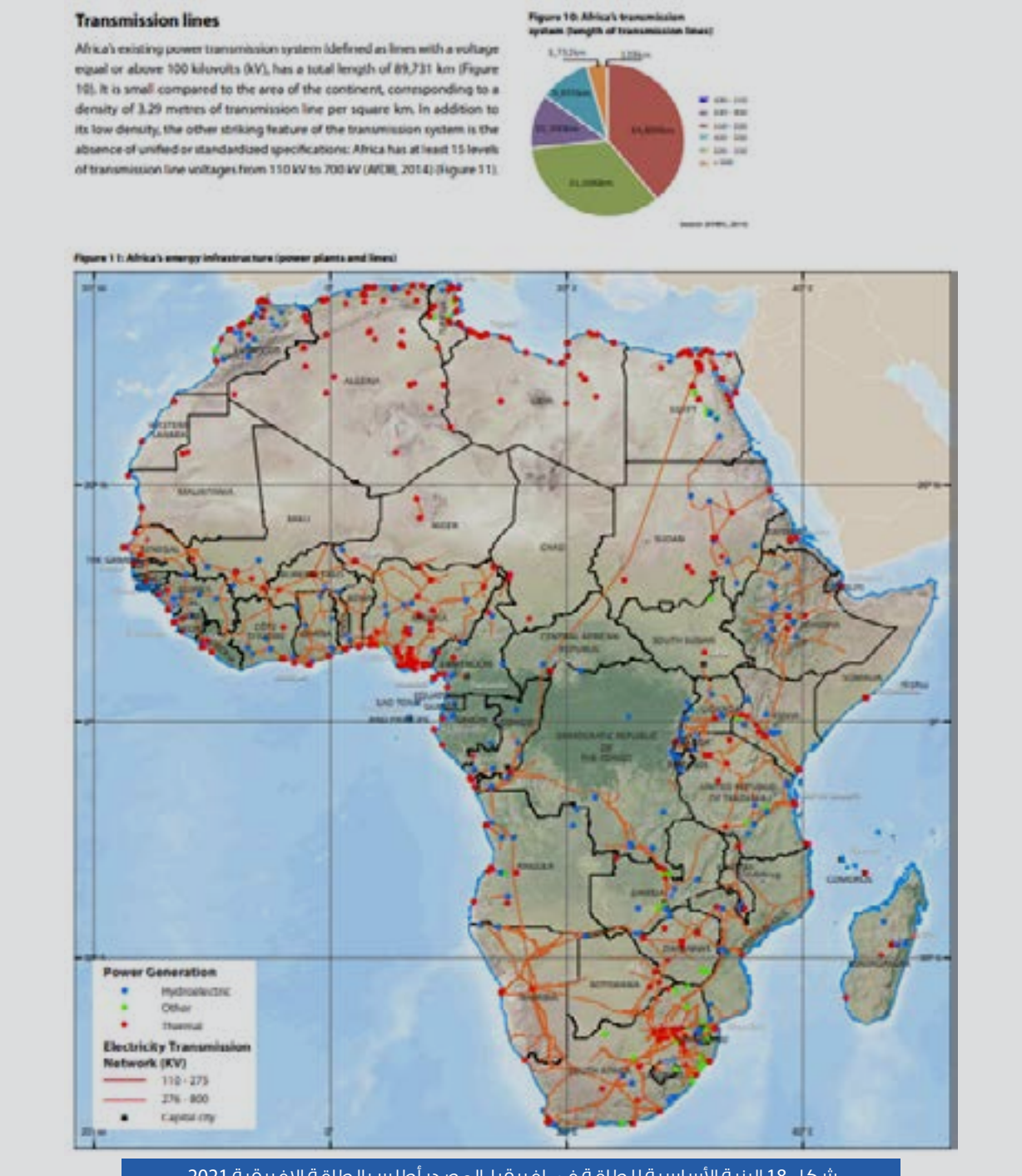
تُستمد الطاقة البحرية من التكنولوجيات التي تستخدم الطاقة الحركية والحرارية لمياه البحر (الأمواج أو التيارات على سبيل المثال) لإنتاج الكهرباء أو الحرارة.



شكل (17) يوضح أحد أشكال محطة توليد الطاقة بواسطة التيارات البحرية توليد الطاقة الكهربية من البحر.

لا شك أن هناك كمًا هائلاً من الطاقة يكمن في موجات المد والجزر، وعبرها يمكن سد احتياجات البشر للطاقة في العالم أجمع، فالمياه تغطي ثلثي سطح الأرض؛ لذا يجري الباحثون في جميع أنحاء العالم تجارب بهدف تصميم محطات أصغر لتوليد الكهرباء. وهناك بالفعل اليوم 150 مشروعًا لتوليد الطاقة من البحر.

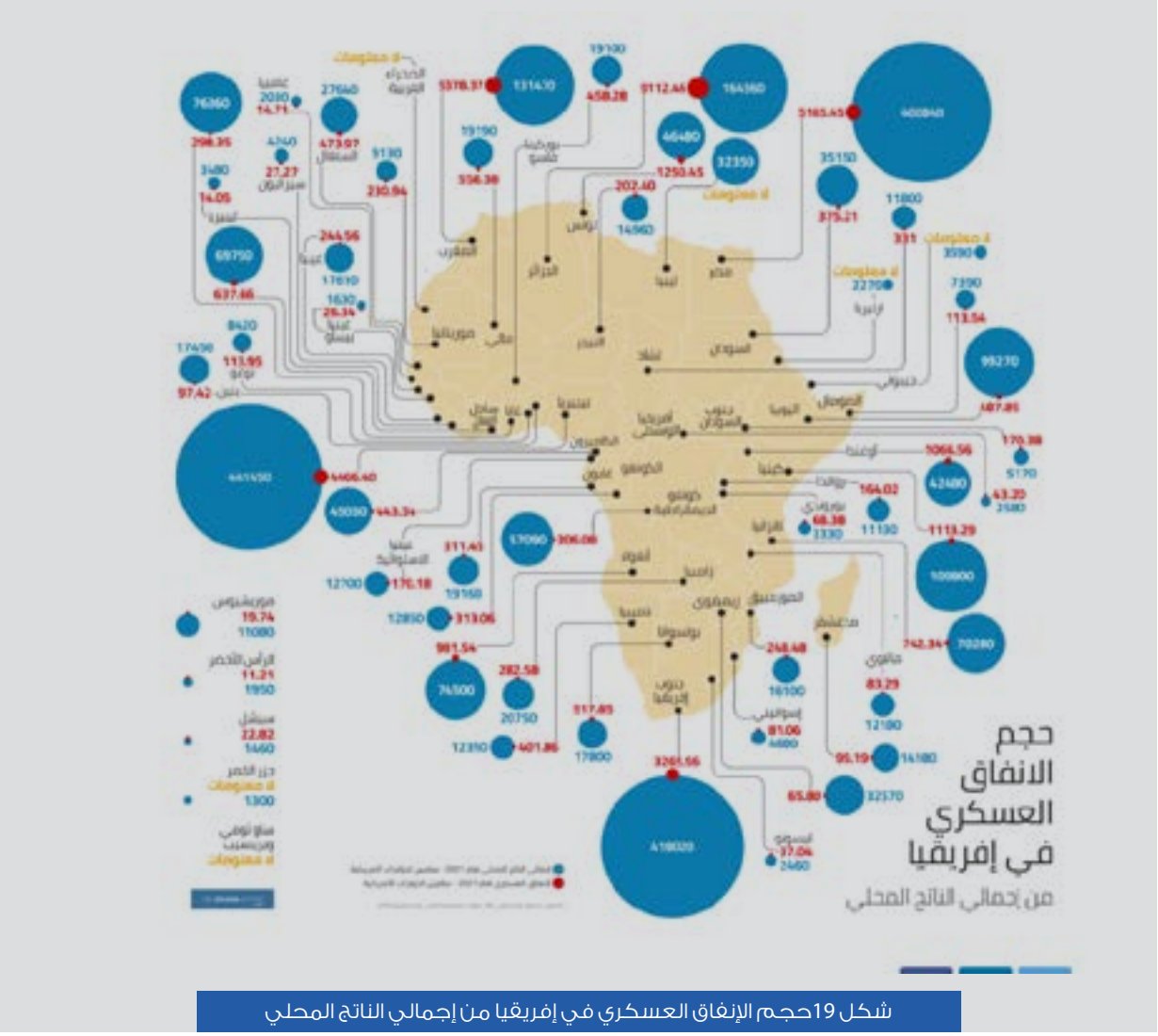
شركة بريتش بتروليوم جاءت تقديراتها أقل بكثير حيث تقدر 128 مليار برميل من النفط وحوالى 41 تريليون متر مكعب من الغاز (Modelevsky and Modelevsky 16)



شكل 18 البنية الأساسية للطاقة في إفريقيا، المصدر أطلس الطاقة الإفريقية 2021.

التحديات التي تواجه قطاع الطاقة في إفريقيا:

– ارتفاع النفقات العسكرية يأتي على حساب التنمية في الدول التي تعاني من النزاعات القبلية بأنواعها.



شكل 19حجم الإنفاق العسكري في إفريقيا من إجمالي الناتج المحلي

– التدخلات الخارجية في معظم الأحيان لتعارض مصالح الفاعلين الدوليين وجماعات المصالح مما له آثار سلبية مزدوجة، استنزاف الموارد، وظهور فواعل عنيفة وجماعات مسلحة غالبًا ما تستخدم لإدارة صراعات الموارد دون الاكتراث بمصالح هذه الدول بالقارة.

– ضعف الاستثمارات في مجال الطاقة يضغط على تمويل المشروعات الطموحة والفعالة في القارة، على سبيل المثال (استكمال مشروع سد انجا في جمهورية الكونغو الديمقراطية).

– يشكل عدم القدرة على إدارة الموارد الطبيعية وخاصة المرتبطة بإنتاج الطاقة عائقًا رئيسيًا أمام التنمية، وتتجلى هذه الإشكالية بشكل خاص في بعض دول إفريقيا جنوب الصحراء؛ حيث يعيش غالبية السكان دون الحصول على الكهرباء والطاقة النظيفة.

النتائج:

– إن القارة تتمتع بما يكفي من الموارد لتلبية احتياجاتها الحالية والمستقبلية، (Akinwumi Adesina، 2017).

– تمتلك القارة إمكانيات هائلة لإنتاج الطاقة بكافة أشكالها تكفي لاحتياجاتها، سواء كانت من مصادر متجددة أو غير متجددة.

– توجد حالة من عدم اليقين لبيانات الطاقة في إفريقيا مما يتطلب تطوير قدرات البحث العلمي ودعمه المستمر للعمل في مجال الطاقة الإفريقية، مستخدمًا كافة الطرق والوسائل الحديثة والمرئيات الفضائية ونظم المعلومات الجغرافية.

التوصيات:

– لا تزال القارة بقدراتها تحتاج إلى الكثير من الأبحاث وخاصة في مجال الطاقة الجديدة والمتجددة.

– التوسع في عمل مشروعات تنموية وإنارة المناطق المحرومة من التيار الكهربائي بالرغم من كل هذه الإمكانيات الكامنة.

– تعظيم الأنشطة الاستكشافية حتى تقارب الأنشطة الاستخراجية.

– العمل على إنشاء منظمة تتابع إدارة الموارد وعدم إحلال عوائدها محل أدوات وإدارة الصراعات، والحيلولة دون وصولها للفواعل العنيفة من غير الدول والتي تعمل على استنزاف الموارد.

– العمل على خفض النفقات العسكرية لصالح التنمية في البنية الأساسية لكافة الأنشطة التي تحقق أفضل استخدام للموارد للوصول لأهداف التنمية المستدامة في القارة الإفريقية.

– التوسع في استخدامات مواد نانومترية صديقة للبيئة وقليلة التكلفة للحفاظ على كفاءة محطات الطاقة الشمسية (Samir Ahmed Tayel، 2022)

– التوسع في دعم البحث العلمي والابتكار في مجال الطاقة في إفريقيا.

– دعم آليات التعاون بين العلوم المختلفة لتحقيق الأهداف البحثية في ظل حتمية ترابط العلوم؛ لتنفيد ما تصل إليه الدراسات والأبحاث الابتكارية لتطوير تكنولوجيا الطاقة المتجددة وزيادة الكفاءة الطاقوية وتحسين استدامة قطاع الطاقة في القارة.

– استخدام مواد نانونية صديقة للبيئة وقليلة التكلفة فى صناعة الطاقة الحرارية الأرضية؛ مما يساعد فى إنتاج طاقة بتكلفة أقل وصديقة للبيئة.