هندسة الطاقة: تحديات و آفاق

محمد خوجة
أستاذ باحث، سوناطراك – المعهد الجزائري للبترول، بومرداس
نائب رئيس الأكاديمية الجزائرية للعلوم والتكنولوجيات
mohamed.khodja@sonatrach.dz

مقدمة

يُمثل قطاع الطاقة والمناجم في الجزائر أهمية استراتيجية متنامية في ظل التحولات العالمية نحو الطاقات النظيفة والاقتصاد منخفض الكربون، لاسيما أن الجزائر تمتلك رصيدًا جيولوجيًا استثنائيًا يشمل معادن مصنّفة "حرِجة" مثل الليثيوم، الكوبالت، النحاس، النيكل، والعناصر الترابية النادرة، وهي معادن أساسية في سلاسل قيمة البطاريات، والطاقات المتجددة، والصناعات المتقدمة. وتؤكد التقديرات الحديثة (البنك الدولي 2024) أن هذه الموارد تمنح الجزائر موقعًا محوريًا في الخارطة الجيومعدنية العالمية، في وقت تبقى فيه نسبة 60% من التراب الوطني غير مستكشفة بما يكفي، وهو ما يعزز الحاجة إلى استراتيجية استباقية تقوم على الاستكشاف العميق، والتحويل المحلي، وتطوير رأس المال البشري.

يُعدّ قطاع الطاقة حجر الزاوية في التنمية الاقتصادية، ويشهد تطورات متسارعة مع التحول نحو مصادر الطاقة المستدامة. في هذا المشهد المتغير، يبرز دور مهندس الطاقة كأحد أهم المهن، حيث يجمع بين المعرفة العلمية والابتكار العملي لضمان توفير طاقة آمنة ونظيفة وفعالة.

هندسة الطاقة أو هندسة أنظمة الطاقة، هي فرع من فروع الهندسة يتعامل مع كفاءة الطاقة، وخِدْمَات الطاقة، وإدارة المرافق ومنشآت الطاقة مثل مصانع الطاقة وتكنولوجيا الطاقة البديلة. يُعدّ هذا الفرع من أحدث فروع الهندسة، ويعتمد على دمج علوم الفيزياء، والرياضيات، والكيمياء، والاقتصاد، وعلوم البيئة. إن عمل مهندس الطاقة يتجاوز مجرد التشغيل والصيانة ليلامس قلب التخطيط الاستراتيجي لمشاريع الطاقة الكبرى والصغيرة، حيث يقوم بتصميم وتطوير وتقييم مشروعات مرتبطة بالطاقة، مع التركيز على تقليل التكاليف وتحسين كفاءة الطاقة.

نقدّم في هذا العرض رؤية لتطوير القطاع الطاقي والمنجمي في الجزائر من خلال مقاربة شمولية تقوم على فهم السياق العام لهذا النشاط، واستيعاب خصوصياته التقنية والاقتصادية والبيئية، ثم الانتقال إلى محور تطوير رأس المال البشري باعتباره الثروة الحقيقية التي تقوم عليها كل الخطط الاستراتيجية. ففي ظل التحولات العالمية، والتزامات الجزائر ضمن الأجندات الدولية، وارتفاع الطلب على المعادن الحرجة المرتبطة بالانتقال الطاقي، تتأكد ضرورة تبني مقاربة استباقية تجعل من الموارد المعدنية رافعة للتنمية الصناعية والتكنولوجية، بدل الاكتفاء بنموذج استخراجي غير مدمج ولا مولّد للقيمة. ويُمثل تطوير رأس المال البشري محورًا مركزيًا لهذه الاستراتيجية، باعتباره الثروة الحقيقية التي ستحدد قدرة الجزائر على استغلال مواردها بكفاءة، وبناء صناعة متقدمة ومستدامة.

نحاول في هذا المقال مناقشة بعض التحديات التي يواجهها مهندس الطاقة من أجل تحقيق التوازن بين متطلبات النمو الاقتصادي والحفاظ على البيئة، بتقليل البصمة الكربونية، وتحسين كفاءة الاستهلاك الطاقوي، مع ربط هذه الإشكالية بدور وأهمية التكوين المتخصص.

1. تحديات هندسة الطاقة أو هندسة أنظمة الطاقة

في ظل التحديات العالمية لتغير المناخ والاعتماد على الوقود الأحفوري، تسعى الجزائر إلى تنويع مزيج الطاقة لديها عبر تطوير الطاقات المتجددة، خاصة الطاقة الشمسية التي تتمتع بإمكانات هائلة. ومع اعتمادها الكبير على النفط والغاز، تواجه البلاد ضغوطًا اقتصادية وبيئية تدفعها إلى تبنّي سياسات طموحة، مثل البرنامج الوطني للطاقات المتجددة. ومع ذلك، تبقى تحديات التمويل والبنية التحتية عائقًا رئيسيًا أمام تحقيق هذه الأهداف. إن أهمية التحول الطاقي تكمن في استغلال وتطوير مصادر الطاقات المتجددة، ومدى قدرة هذه المقاربة الطاقية على إيجاد بدائل للطاقات الأحفورية، بإمكانها تحقيق الأمن الطاقي العالمي الذي أصبح مهددًا ومحاطًا بمجموعة من التحديات والظروف، ساهمت في تزايد حدة التنافس الجيواستراتجي الدولي لتأمين مصادر الطاقة. إن التحول الطاقي نحو تطوير الطاقات المتجددة أصبح واقعًا مفروضًا على المجتمع الدولي، كون الاستراتيجية الطاقوية الحالية القائمة على استهلاك مصادر الطاقات الأحفورية لم تعد آمنة وأصبحت مصدر تهديد للأمن الطاقوي العالمي.

مع تزايد الطلب على الطاقة وارتفاع مستويات التلوث، تبرز الابتكارات في هذا المجال حلولًا فعالة نحو تحقيق الاستدامة. يسعى المهندسون والباحثون إلى تطوير حلول مبتكرة تساهم في تقليل الاعتماد على المصادر التقليدية وتوفير خيارات طاقة نظيفة ومستدامة. من خلال هذا المقال، سنستعرض أبرز هذه الابتكارات وتأثيرها على مستقبل الطاقة، حيث تشمل:

- **الخلايا الشمسية المتقدمة**: تطوير خلايا شمسية عالية الكفاءة.
- **تكنولوجيا الطاقة الريحية**: تصميم توربينات رياح أكثر كفاءة وصديقة للبيئة، بما في ذلك التوربينات العائمة التي يمكن استخدامها في المياه العميقة.
- **أنظمة التخزين الذكي**: استخدام بطاريات متطورة وتكنولوجيا تخزين الطاقة، مثل البطاريات ذات الحالة الصلبة التي تعزز قدرة الشبكات على التعامل مع الطاقة المتجددة.
- **الشبكات الذكية**: تطوير أنظمة إدارة الطاقة الذكية التي تتيح التحكم الفوري في تدفق الطاقة وتوزيعها.
- **الوقود الحيوي**: ابتكارات في إنتاج الوقود الحيوي من مصادر غير غذائية، مثل الطحالب.
- **الهيدروجين الأخضر**: تقنيات إنتاج الهيدروجين من الماء باستخدام الطاقة المتجددة، مما يوفر مصدر طاقة نظيفًا وقابلًا للتجديد.
- **تكنولوجيا تحويل النفايات إلى طاقة**: تطوير طرق فعّالة لتحويل النفايات إلى طاقة، مما يقلل من النفايات ويولد طاقة مستدامة.
- **المباني الذكية**: استخدام أنظمة إدارة الطاقة في المباني، مثل أجهزة الاستشعار والتحكم الذكي، لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة.
- **أنظمة الطاقة الموزعة**: الابتكارات في توليد الطاقة على مستوى محلي، مثل الألواح الشمسية المنزلية وأنظمة الطاقة المجتمعية.
- **التقنيات الهجينة**: دمج مصادر الطاقة المتجددة مع توليد الطاقة التقليدية لزيادة كفاءة النظام وتقليل الانبعاثات.

في هذا المنوال، تساهم الطاقة الشمسية في تحقيق الاستدامة البيئية بعدة طرق، منها: تقليل انبعاثات الكربون، وتوفير مصادر طاقة متجددة، وتحسين جودة الهواء، وتوفير المياه، وتعزيز التنمية المستدامة، وتدوير المواد، وخفض تكاليف الطاقة، وتشجيع الابتكار.

تواجه الابتكارات في هندسة الطاقة المستدامة عدة تحديات، منها:

أ- **التكاليف المرتفعة**

التحدي: ارتفاع تكاليف البحث والتطوير والتقنيات الجديدة يمكن أن يعيق تنفيذ المشاريع.

الحل: زيادة الاستثمارات الحكومية والخاصة في البحث والتطوير، وتقديم حوافز مالية للمشاريع المستدامة.

ب- **نقص البنية التحتية**

التحدي: عدم وجود بنية تحتية كافية لدعم تقنيات الطاقة المستدامة.

الحل: تطوير استراتيجيات تخطيط شامل لتعزيز البنية التحتية، بما في ذلك الشبكات الكهربائية الذكية.

ج- **التقنيات غير الناضجة**

التحدي: بعض الابتكارات لا تزال في مراحلها الأولية، مما يجعلها غير قابلة للتطبيق على نطاق واسع.

الحل: دعم البرامج البحثية والتجريبية لتسريع تطوير التكنولوجيا وتحسين أدائها.

د- **المنافسة مع الوقود الأحفوري**

التحدي: استمرار الاعتماد على الوقود الأحفوري بسبب تكلفته المنخفضة.

الحل: تطبيق سياسات مثل الضرائب على الكربون وتحفيز استخدام الطاقة المتجددة لتشجيع التحول.

الحل: إجراء دراسات تقييم الأثر البيئي لضمان أن الابتكارات لا تؤثر سلبًا على النظم البيئية.

2. التدريب أو التكوين والبحث

تتمثل منهجية التدريب في تلبية احتياجات الهياكل التشغيلية والوظيفية لشركات الطاقة من ناحية التدريب المستهدف وتطوير المهارات بما يتوافق مع متطلبات المهن: تحديد الفجوات في المهارات؛ إعداد خطة التدريب؛ تنفيذ خطة التدريب. ولتحقيق ذلك، يتم اعتماد أربعة أشكال من التدريب، وهي:

- التدريب المهني،
- التدريب على التخصص،
- التدريب لإعادة التوجيه المهني،
- الندوات وأيام الدراسة والمؤتمرات.

كما تعتمد المراكز التكوينية المتخصصة على عدة طرق من أجل تسيير دورات تدريبية مرنة ومتنوعة:

- في قاعة الدروس: الشكل التقليدي،
- المحاكاة: أسلوب تعلم فردي وجماعي،
- التعلم الإلكتروني/المختبر الافتراضي: دون قيود زمنية أو مكانية،
- في مكان العمل: التدريب أثناء العمل في ظروف وبيئات حقيقية،
- دراسة الحالات وإنجاز المشاريع: شكل من أشكال التعلم عن طريق المحاكاة.

وترتكز استراتيجية تطوير رأس المال البشري على ثلاثة محاور:

1- **إصلاح التعليم العالي** لمواءمة البرامج مع احتياجات الصناعات والتكنولوجيات الصاعدة (الذكاء الاصطناعي، الجيوكيمياء، الهيدرو-معالجة، اقتصاد الكربون، إلخ).

2- **تعزيز التكوين المهني** لمواكبة المتطلبات التقنية المتقدمة (الروبوتيك، الأتمتة، إنترنت الأشياء، التوأمة الرقمية).

3- **تنشيط البحث والتطوير** عبر تحفيز الابتكار وإقامة شراكات بين الجامعات ومؤسسات القطاع الطاقي.

وتمتد هذه الأشكال من تطوير المهارات لتغطي جميع التخصصات المتعلقة بمجال النفط والغاز، وهي: الكيمياء وتحليل الهيدروكربونات، والاقتصاد النفطي، والطاقات الجديدة والمتجددة، والتكرير واستغلال الهيدروكربونات، والحفر النفطي، وهندسة الغاز، والهندسة الكهربائية، والجيولوجيا النفطية، والجيوفيزياء، وأدوات القياس البترولية، والصيانة الصناعية، والبتروكيماويات...

3. التحديات الرئيسية والتوصيات الاستراتيجية في مجال التكوين ومرافقة العنصر البشري

في هذا الإطار نريد توضيح النقاط الحرجة التالية التي تتطلب إجراءات فورية:

- إنشاء آليات ووسائل للتحفيز والحفاظ على كبار الموظفين والخبراء: بالفعل، تواجه الجزائر مشكلة فقدان الموارد البشرية، حيث إن التكلفة المرتفعة لتدريب المهندس التي تتحملها الدولة والمقدرة بملايين الدنانير تعود بالنفع في النهاية إلى الخارج. لهذا فإنه من الضروري وضع آليات للتحفيز والاحتفاظ بكبار الموظفين (لنقل المعرفة)، وإطار للحفاظ على المهندسين الشباب.

كما يمكننا تلخيص التوصيات التي يجب أخذها بعين الاعتبار للحفاظ على خبراء وكبار الموظفين وتحفيزهم في النقاط التالية:

- الأجور والمكافآت،
- التقدير،
- المشاركة في اتخاذ القرارات،
- المشاركة في المؤتمرات الوطنية والدولية،
- التدريب والشهادات.

4. الانتقال التكنولوجي

فيما يتعلق بالعوائق المتعلقة بنقل التكنولوجيا، إن مدة العمر الافتراضي للمهارات انتقلت من 30 عامًا في عام 1987 إلى عامين فقط اليوم (منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية)، مما يبرز أهمية التدريب المستمر للبقاء قادرًا على العمل في سوق العمل. كما أظهرت الدراسات أن العوائق المتعلقة بنقل التكنولوجيا هي: نقص التوعية، ونقص المعرفة، ونقص التمويل، ونقص الثقة، وسوء التواصل، ونقص البنية التحتية، وسوء التوقيت.

السؤال المطروح اليوم هو:

كيف نطور رأس المال البشري ونكيف التدريب والبحث لتقليل الاعتماد التكنولوجي في قطاع الطاقة؟

تكمن الموضوعات الرئيسية في المحاور التالية:

- تطوير المهارات لتصنيع المكونات والمعدات الطاقية محليًا (الاندماج الوطني)،
- التدريب على تقنيات الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والهيدروجين، إلخ)،
- دعم الانتقال الطاقي من خلال تدريب خبراء في إدارة الشبكات الذكية،
- تعزيز النظام الوطني للجودة،
- المساهمة في تطوير رأس المال البشري من خلال إنشاء مراكز وهيئات تدريبية مؤهلة لقطاع الطاقة،
- تحديث نظام إدارة أداء شركات قطاع الطاقة وفقًا للمعايير المعتمدة دوليًا.

الموضوعات التكميلية:

- تشجيع الابتكار في التقنيات الطاقية الجديدة،

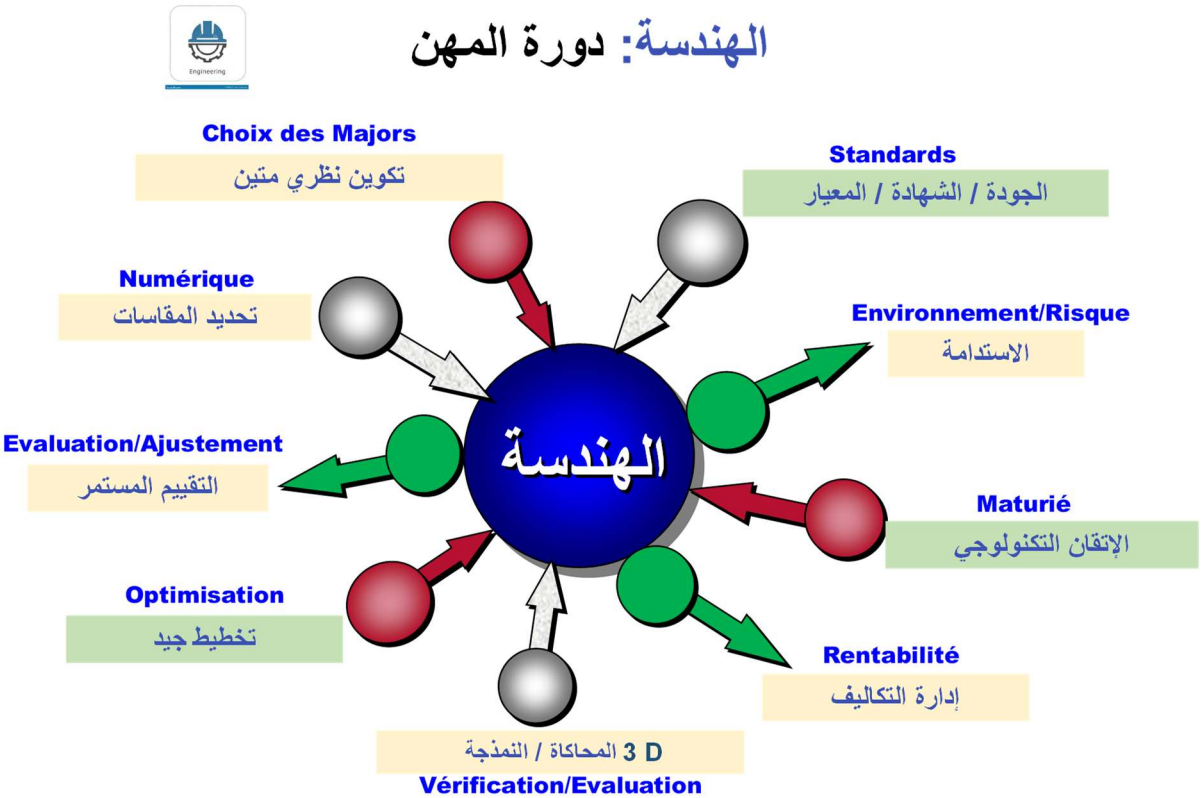
- وضع سياسات السيادة الطاقية القائمة على المهارات.

تُعتبر الهندسة مهنة متعددة التخصصات فهي تشمل المحاور التالية:

- **العملية**: قاعدة التصميم، ومخطط العملية والأجهزة، والكتيبات الفنية لعمليات المُعِدَّات والأجهزة، ومخطط الأسباب والنتائج.
- **الصحة والسلامة المهنية**: تحليل المخاطر والعملية التشغيلية، وتصنيف المناطق الخطرة، وفلسفة السلامة، ودراسة التأثير على البيئة، ودراسة المخاطر.
- **الميكانيكا الساكنة والمعدات الدوارة**: المواصفات وبيانات المُعِدَّات، وتصميم المعدات، وأمر شراء العناصر طويلة المدة، والتقييم الفني للمعدات الرئيسية.
- **الأجهزة والتحكم**: مواصفات نظام التحكم، وبطاقات بيانات تصميم الأدوات، وتحجيم إدخال/إخراج الأنظمة، وقائمة الأدوات، ورُسُوم الربط، ورُسُوم مسار الكابلات.

بعض الممارسات تتطلب مرحلة تمهيدية لدراسة الجدوى، حيث تشمل دراسة الخيارات الممكنة، وتحديد التكوين الأولي للمشروع (القدرة، وطبيعة المنتجات، وموقع المشروع، إلخ)، وتقييم التقنيات، وتخطيط المشروع، وما إلى ذلك. الهدف الرئيسي من مرحلة دراسة الجدوى هو إظهار الجدوى التقنية والاقتصادية والقانونية والتجارية والمالية. يجب أن يكون مستوى التحديد في دراسة الجدوى محدودًا، ولكن في بعض المجالات قد يكون من الضروري تطوير التفاصيل بشكل كبير لإظهار الجدوى: الجدوى التنظيمية والقانونية، وجدوى السوق، والجدوى التقنية، والجدوى الاجتماعية والبيئية، والجدوى الاقتصادية والمالية.

يشمل الشكل التالي معظم المهن والتخصصات التي تتطلبها وترتكز عليها هندسة الطاقة أو هندسة أنظمة الطاقة.



5. الخلاصة

تتجلى أهمية الابتكارات في هندسة الطاقة كحلول فعالة لمواجهة التحديات البيئية والاقتصادية الحالية. تساهم هذه الابتكارات، من الطاقة الشمسية إلى الوقود الحيوي، في تحقيق استدامة الطاقة وتقليل الاعتماد على المصادر التقليدية. من خلال تعزيز البحث والتطوير، وتبني السياسات المناسبة، يمكننا تحقيق مستقبل أكثر استدامة وصداقة للبيئة. إن الاستثمار في هذه الحلول يُعدّ خطوة أساسية نحو عالم أفضل للأجيال القادمة.

وتخلص الرؤية الشاملة للمقال إلى أن رأس المال البشري هو "المنجم الحقيقي" للجزائر، وأن تحقيق الطموح الطاقي الوطني رهين بتكوين جيل جديد من المهندسين والتقنيين: متمكنين، ورقميين، ومبتكرين، ومسؤولين. كما أن إدراج إصلاح التعليم والبحث والتكوين شرط ملازم لأي استثمار، ويُمثل خطوة استراتيجية لضمان السيادة التكنولوجية وتعظيم القيمة المضافة الوطنية.