دراسات في العلوم الإنسانية والاجتماعية
مجلد 24 العدد02 السنة 2024 ص ص 15-38

ISSN : 2602-7402
EISSN: 2676-1637

تكنولوجيا النانو ومستقبل الإنسان

Nanotechnology and the future of man

د. محمد طاهير [1]

[1] جامعة محمد بوضياف- المسيلة، mohamed.tahir@univ-msila.dz

تاريخ الاستلام: 15 / 09/ 2023 تاريخ القبول: 17 / 11/ 2024 تاريخ النشر: 2024/12/31

Abstract:

This paper aims to monitor the development of nanotechnology or the fifth generation - as some would prefer to call it - and to identify its most important achievements and advantages through its applications, which have touched many areas, military, energy, environmental, in particular the medical field and its future aspirations to eliminate serious diseases that continue to threaten the human entity such as Cida and cancer. Despite this rapid development of nanotechnology applications and its advantages, the significant lack of information that carries many health, environmental, ethical and other risks - especially since this technology is still at its very beginning - has left many scientists and environmental and global health organizations fearful of humanity's fate and future under these risks.

Keywords:

nanotechnology; Nanoscale applications; Advantages; Risks; Human future

المؤلف المرسل: محمد طاهير
البريد الالكتروني:mohamed.tahir@univ-msila.dz

الملخص:

تهدف هذه الورقة البحثية إلى رصد معالم تطور تكنولوجيا النانو أو الجيل الخامس- مثلما يحبّذ البعض تسميتها- والوقوف على أهم منجزاتها ومزاياها من خلال تطبيقاتها التي مسّت مجالات عديدة، العسكرية، والطاقوية، والبيئية، وبشكل خاص المجال الطبي و تطلعاتها المستقبلية نحو القضاء على الأمراض الخطيرة التي لا تزال تهدد الكيان الإنساني كالسيدا والسرطان. ورغم هذا التطور السريع لتطبيقات تكنولوجيا النانو وما حققته من مزايا، إلاّ أن ما يعتريها من نقص كبير في المعلومات التي تحمل في طياتها العديد من المخاطر الصحية، والبيئية، والأخلاقية وغيرها- سيما وأن هذه التقنية لا تزال في بدايتها الأولى- جعلت الكثير من العلماء ومنظمات البيئة والصحة العالمية، يبدون مخاوفهم عن مصير ومستقبل الإنسانية في ظلّ هذه المخاطر.

الكلمات المفتاحية: تكنولوجيا النانو؛ تطبيقات النانو؛ المزايا؛ المخاطر؛ مستقبل الإنسان.

1. مقدمة:

تعد تكنولوجيا النانو من أبرز الثورات العلمية الكبرى التي شهدها القرن21، والتي لاحت في الأفق من خلال جملة انجازاتها، حيث اتخذت من المادة المتناهية في الصغر- باستخدام وحدة النانومتر عالم التصغير الفائق- منطلقاً لتجسيد أهدافها وأبعادها المستقبلية، والتي ستنير حياة البشرية وتنقلها إلى حياة أفضل وغدٍ مشرق، كما سيعوّل عليها اليوم الكثير من العلماء والأطباء بشكل خاص نظرا لتحكمها الدقيق في المكوّنات الأساسية للمادة، بحيث يمكنها إنتاج رقائق من المادة تبلغ سماكتها بضعة جزيئات، وصنع أجهزة صغيرة بحجم الميكروبات لتفتيت النفايات السامة وقتل الحشرات الضارة والجراثيم وعلاج الكثير من الأمراض الناتجة عن الفيروسات باستخدام الأدوات النانوية المبرمجة في جسم الإنسان، وغيرها من المنجزات التي تنتظر النور في المستقبل

ISSN : 2602-7402
EISSN: 2676-1637

القريب في مختلف مجالات العلوم الطبية والعسكرية والمعلوماتية والزراعية...الخ.

وإلى جانب ما أفرزته الثورة البيو تكنولوجية والهندسة الجينية وثورتي المعلومات والذكاء الاصطناعي من نجاحات أبهرت البشرية، لاسيما في ظلّ البحث عن إنسان آخر على غرار خلقته الطبيعية باستخدام الخلايا الجذعية، إلاّ أن ثورة النانو تكنولوجيا التي يتمّ فيها التعامل مع المادة الحيّة وغير الحيّة على مستويات شديدة الصغر، قد جعل منها من أبرز تقنيات القرن21 والمعوّل عليها في الحاضر والمستقبل.

هذه التقنيّة التي تعد من أحدث التقنيات العلمية التي ينبغي الإحاطة بها والوقوف مع أبرز تطبيقاتها خاصة على الصعيد الطبي، سواء من جهة ما حققته من إيجابيات ومحاسن وما تطمح إلى الوصول إليه في المستقبل على شكل تحدّيات، أومن جهة ما تحمله من مخاطر وانزلاقات في طابعها الصحي والأخلاقي، وما تحمله من تهديدات على الإنسان ومستقبله. هذا التهديد دفعنا إلى البحث والتقصي عن مختلف مخاطر النانو تكنولوجيا وبصفة خاصة على الإنسان، فما هو مصير ومستقبل البشرية في ظل ما أفرزته وما ستفرزه ثورة النانو تكنولوجيا من إنجازات ومخاطر؟.

2. ماهية تكنولوجيا النانو:

1.2 . مفهوم النانو:

النانو" كلمة مشتقة من « **Nanos** » اليونانية التي تعني القزم « **Dwarf** » وقد استخدمت للدلالة على وحدة القياس100/1 نانومتر[1] . وفي الرياضيات تستعمل كلمة النانو للتعبير عن الجزء من المليار من وحدة القياس، وهذا يعني أن نانومتراً واحداً يساوي جزءا من مليار جزء من المتر الواحد[2] .

وعلم النانو تكنولوجيا من العلوم الحديثة الذي يهتم بدراسة المواد المتناهية في الصغر، أو الوحدات الجزيئية من حيث تصنيعها وقياس وحدتها ومعرفة خصائصها أو التعديل الجزيئي للمادة أو إعادة هيكلة الجزيئات داخل المادة أو من أجل الإضافة أو الحذف، وقد عرفه مهندس وعالم النانو الأمريكي "إريك دريكسلير" (-**Eric Drexler)(1955.**) بأنه " العلم الذي يدمج بين مجالين مختلفين: العلوم الجزيئية الخاصة بعالم الكميات، والهندسة الميكانيكية الخاصة بتصميم وصيانة الأنظمة الميكانيكية"[3]، أي العلم الذي يبحث في الوحدات المتناهية في الصغر والموجودة على مستوى الطبيعة من جزيئات أو ذرات للمادة، فهو يسعى إلى تطوير نوع جديد من الالكترونيات الذرية، وذلك بالاعتماد على حقول علمية عديدة كالفيزياء والكيمياء والميكانيك.

ومن أهم الخصائص التي يمتاز بها علم النانو ما يلي:

- إعادة ترتيب الذرات لتصنيع جزيئات ذات مواصفات جديدة، ودمج ذرات لمواد أخرى لتكوين شبكة بلورية من أجل الحصول على مواد نانوية الأبعاد متمّيزة الخواص.

- يعتمد النانو على مبادئ الفيزياء والكيمياء الحيوية والهندسة الالكترونية في صنع المواد والآلات وإعادة ترتيب الذرات لتصنيع جزيئات ذات مواصفات جديدة.

- التقاط الذرات متناهية الصغر لأي مادة والتلاعب بها وتحريكها من مواضعها الأصلية إلى مواضع أخرى، ثمّ دمجها مع ذرات لمواد

ISSN : 2602-7402
EISSN: 2676-1637

أخرى لتكوين شبكة بلورية لكي نحصل على مواد نانوية الأبعاد متميزة الخواص عالية الأداء.

2.2 تاريخانية النانو تكنولوجيا:

لقد أثبتت الكثير من الدلائل التاريخية التي قدمها العلماء والمختصين في تاريخ البحوث العلمية، أن هذا النوع من التكنولوجيا ليست وليدة العصر الحديث، وإنّما تعود جذورها التاريخية إلى عصر الحضارات البشرية القديمة التي عرفت كيفية تكوين الأرض بالمواد النانوية من غازات البراكين، ودخان حرائق الغابات ورذاذ البحار والمحيطات...وقد تبيّن أن الحبر الأسود الذي استخدمه المصريون القدامى في الكتابة والرسم يتكوّن من جزيئات نانوية من الكربون[4] .

وترجع البدايات الأولى لاستعمال تكنولوجيا النانو إلى زمن الإغريق المعروفة أنداك بصناعة الزجاج، حيث كانوا يستخدمون جسيمات نانو الذهب وخلطها بالزجاج، ولعلّ الإناء الإغريقي الشهير" ليكروجز" الذي يغيّر لونه تبعاً لزاوية سقوط الضوء خير دليل على ذلك. وهو نفس ما قام به صانعي الزجاج في العصور الوسطى في تلوين الزجاج، مستخدمين حبيبات الذهب النانوية في تلوين الأوعية الفخارية، حيث وجدوا أن الزجاج يكتسب ألواناً تتدرج من الأزرق إلى الأحمر تبعاً لحجم حبيبات الذهب التي يزيد قطرها عن 100نانومتر، فإنّها تكتسب لون الذهب الأصفر العادي[5] ، كما استخدم العرب المسلمون هذه التقنية في صناعة السيوف" السيف الدمشقي" بداية من عام 900م وهو ما زادها قوة وصلابة[6] .

وفي العصر الحديث بدأت تكنولوجيا النانو تظهر إلى العلن، سيما مع تطوير الميكروسكوب الذي ساعد العلماء كثيرا في معرفة التفاصيل الدقيقة للمادة حتى المقياس النانوي، حيث تمكنوا من معرفة الذرات

وأجزائها وطرق ترتيبها، وقد أشارت بعض الإرهاصات التي جاءت على يد بعض علماء القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين، أنّ أول إشارة للمفاهيم المميزة للنانو تكنولوجيا، دون استخدام للاسم كان على يد "جيمس كلارك ماكسويل" (**J.K.Maxwill**) عام 1867م، عندما افترض وجود كيان دقيق قادر على التعامل مع الجزيئات في تجربة ذهنية أطلق عليها" عفريت ماكسويل"[7] .

غير أن أول استخدام لوحدة النانومتر في القياسات لأجسام الدقائق النانوية، قد كانت في أوائل القرن العشرين مع" زيغموندى" الذي أجرى دراسات تفصيلية على الذهب ومواد نانوية أخرى بلغ قطرها 10نانومتر[8] . بينما في خمسينات القرن الماضي قام العالم الفيزيائي الأمريكي "ريتشارد فينمان" « **Richard Feynman (1918-1988)**بإلقاء محاضرة في الجمعية الفيزيائية الأمريكية عام 1959، حيث اختار لها عنوانا غريباً" هناك متّسع في القاع" يطرح فيها قضية التلاعب بالجزيئات الصغيرة والتحكم فيها على نطاق واسع، حيث توقع إمكانية تحكم العلماء في المستقبل من إعادة ترتيب الجزيئات والذرات في المادة بمقياس أصغر بكثير واستخدامها في صناعة معدات أصغر منها[9] .

أمّا من حيث استخدام مصطلح النانو وصياغته كمرادف لوصف الآلات الدقيقة التي كان يقاس بها أجزاء الذرة، فلم يظهر إلاّ في أواخر السبعينات من القرن الماضي، حيث استخدمه لأول مرة العالم الياباني" نوريو تاينجوشي" « **Norio Taniguchi » (1912-1999)** عام 1974 ضمن مقال علمي تحت عنوان" حول المفهوم الأساسي للنانو تكنولوجيا" معرّفا إياها " بأنها عبارة عن مجموعة من عمليات الفصل والدمج للمواد المتناهية في الصغر كالذرات أو الجزيئات"[10] ، وذلك من أجل التعبير عن طرق تصنيع عناصر ميكانيكية وكهربائية متناهية الصغر بدقة عالية.

ISSN : 2602-7402
EISSN: 2676-1637

وفي عام 1986 استخدم المهندس الأمريكي "إريك دريكسلير"- وهو المؤسس الفعلي للنانو تكنولوجيا- مصطلح النانو في كتابه" محركات الخلق" مبينا فيه المخاطر المصاحبة له مثل صنع محركات ومركبات نانوية تستطيع تحريك نفسها بنفسها، الأمر الذي يجعل استحالة وضع حد لانتشارها، كما بيّن في هذا الكتاب أهم المفاهيم والأفكار الأساسية التي يحتويها علم النانو، خاصة إمكانية صناعة أي مادة بواسطة رصف مكوناتها الذرية الواحدة تلو الأخرى[11] .

ليفتح بهذا المجال أمام الكثير من الباحثين، خاصة ما قام به عالم الفيزياء الأمريكي" دونالد إيجلر « **Donald Eigler** »في إحدى المختبرات التابعة لشركة الإلكترونيات العالمية العملاقة « **IBM** » حيث تمكن باستخدام المجهر النفقي الماسح في الحصول على أصغر إعلان في العالم، وهو عبارة عن صورة تتكون من جزيئات وذرات بإمكان التأثير عليها وتحريكها من مواضعها لبناء تركيبات جديدة للمادة[12] . وفي نفس السنة قام أيضا " دريكسلير" بإنشاء معهد" فورسايت للنانو تكنولوجيا" وظيفته توعية الرأي العام بخصوص نتائج التقدم التي أحرزتها هذه التكنولوجيا، وبأن هذا النوع من التقنية يمكن لها أن تحقق نجاحات باهرة في المستقبل القريب، وأنها ستغيّر جوانب عديدة في حياة الإنسان.

ويعتبر عام 1991م البداية الفعلية لعصر النانو تكنولوجي، عندما اكتشف العالم الفيزيائي الياباني" سوميو ليجيما" « **Sumio Lijima** » أنابيب الكربون النانوية للصناعة الالكترونية، وهي عبارة عن أسطوانات من الكربون يقع قطرها في نطاق بضع نانومترات[13] ، ليصل بعد ذلك العالم الفيزيائي الفلسطيني" منير نايفة" **"Munir Nayfeh "** (1945-) عام 1992 عندما كتب بالذرات أصغر خط في التاريخ (حرف **p** وبجانبه قلب) رامزً لحب فلسطين وانتشرت في كبرى المجلات العلمية

ووكالات الأنباء العالمية، وقد استخدم في ذلك المجهر النفقي الماسح، والفائدة من هذا الرسم بالذرات هو أنه استطاع التحكم في الذرات الدقيقة وأعاد ترتيبها كما يشاء [14].

هذا التطور في مجال المجاهر الالكترونية قد سمح للعالم الكيميائي الأمريكي" منجي باوندي" « **Moungi Bawendi** (1961-.) عام 1995م من تحضير حبيبات من شبه الموصلات (الكبريت) ذات قطر من 3 إلى 4 نانومتر، وأيضا في صناعة مواد السيليكون، خاصة ما قام به" منير نايفة" عام 2000م من تصنيع حبيبات السيلكون ذات قطر1 نانومتر [15].

كل هذه التطورات والأحداث ساهمت في نقل عالم النانو من طابعه الخيالي إلى عالم الحقيقة، وهو ما فتح المجال أمام العلماء في السير قدما نحو تجسيد الكثير من الانجازات التي مسّت تطبيقات عديدة، تمثّل اليوم أمل البشرية رغم ما يمكن أن يحمله من مخاطر.

3. تطبيقات النانو تكنولوجيا ومزاياها:

لقد حققت تقنية النانو تكنولوجيا نجاحات كبيرة مسّت مجالات عديدة الزراعية والصناعية والطاقوية والطبيّة وغيرها، فمنها ما تجسّد على أرض الواقع ومنها ما هي قيد الإنجاز تنتظر النور، تبقى عبارة عن آفاق وتحديات ستغير أوجه الحياة تغييرا جذريا خلال العقود المقبلة. وسأحاول في هذه الورقة تسليط الضوء على بعض تطبيقاتها:

1.3. في ميدان الصناعة: استطاع علماء النانو أن يلجوا عالم الصناعة بمختلف فروعها، حيث تمكنوا في ميدان الصناعة النسيجية، كصناعة الأنسجة أو ما يعرف بألياف النانو من وضعها في أسطوانات، والتي تتعرض لضغط عال يحولها إلى سائل منصهر يخضع للتحليل الكيميائي وتجميعها لتصبح أليافاً، ثمّ توجيهها إلى المغازل لصناعة الملابس التي

ISSN : 2602-7402
EISSN: 2676-1637

تكون أكثر مقاومة للبقع والأوساخ. وفي صناعة الوسائل والتجهيزات الرياضية الأقل خفّة واستعمالها في الممارسة، مثل مضارب الهوكي والتنس والغولف وكرات البولينج[16].

كما تمكنوا أيضا في الصناعة الخشبية من تصنيع خشب مقاوم للحرائق والنيران، ومن تصنيع دهانات مقاومة للتآكل والتفتت، وفي الصناعة الطبيّة تمكنوا من صناعة النظارات الشمسية التي تتمتع عدستها بقوة كبيرة في مقاومة الأشعة الضارة للشمس، وأيضا في صناعة أجهزة المواصلات من تصنيع الأقراص الصلبة، وصناعة رقاقات السليكون واستخدامها في تطوير سرعة الكمبيوتر وسعته التخزينية، وأيضا الاعتماد على السيليكون في صناعة محركات السيارة الذي يحتوي على جزيئات صغيرة لها كل الدقة والصلابة في جعل المحرّك يسير بسرعة كبيرة[17].

2.3. في مجال الطاقة المتجددة: لاشك أن الاستغلال غير العقلاني للثروات الباطنية خاصة المحروقات كسبيل للطاقة، كان سببا فيما تواجهه البشرية اليوم من مخاطر الاحتباس الحراري وعواقبه المناخية، الأمر الذي دفع بعلماء النانو في البحث عن مصادر طاقوية جديدة نظيفة ومتجددة، تتمثل في الطاقة الشمسية، حيث تمكنوا من تطوير مواد الخلايا الشمسية في إنتاج الجيل الثالث للسليكون الكهروضوئي، الذي يرفع من كفاءة الخلايا الشمسية، والذي سوف يؤدي إلى التوسع في استغلال مصادر الطاقة المتجددة في العقد القادم[18] .

ومن خصائص هذه الخلايا الشمسية، أنها قليلة التكلفة وعالية الكفاءة وصديقة للبيئة، فهي خالية من التلوث أو مخاطر الإشعاعات الضوئية غير الممتصة، وهذا ما صرح به العالم الفيزيائي "منير نايفة" بأن الضوء البنفسجي في الخلايا الشمسية يتم فلترته أو امتصاصه من خلال خلايا

السيليكون وتحويله إلى طاقة حرارية، وليس إلى طاقة كهربائية قد يؤدي إلى تقليل مشكلة التغير المناخي والاحتباس الحراري[19] .

3.3. **في ميدان المياه والبيئة:** يسعى الكثير من علماء النانو نحو تطوير منظومات حماية الغطاء البيئي من خلال إنتاج رقائق من المادة تبلغ سماكتها بضعة جزيئات، ووضع أجهزة صغيرة بحجم الميكروبات لتفتيت النفايات السامة وقتل الحشرات الضارة والجراثيم، وإنتاج مُرشَحات وأدوات نانوية في تنقية و تصفية المياه من الملوّثات، مثل مرشحات أنابيب الكربون(فلترات) التي تقوم بتصفية الجزيئات الصغيرة الملوثة وبالتالي الحصول على مياه صافية وخالية من الميكروبات والجراثيم والفيروسات، وأيضا إنتاج روبوتات نانوية * « Nana Robots » ذاتية الاستنساخ « Self Replicating » قادرة على وضع ذرات المادة واحدة تلو الأخرى وبشكل دقيق في أماكن معيّنة، أو في تفكيك المواد الكيميائية الموجودة على مستوى البيئة وإعادة تركيبها ذرة بعد أخرى إلى أي شيء آخر لا يمكن تصوره[20] .

4.3. في ميدان الزراعة والغذاء: بفعل تقنية النانو تمكن العلماء اليوم من تحسين المنتوج الغذائي باستخدام مواد نانوية ساعدت في الرفع من خصوبة التربة وذلك عن طريق آلية الرش، بغض النظر عن الانجازات التي قامت بها الهندسة الجينية في مجال التعديل الوراثي للمحاصيل الزراعية، كما تمكن أيضا العلماء باستخدام مواد نانوية في صناعة أغذية لها محتوى غذائي و تغليفها لحمايتها من التلف، وهو ما قامت به شركة صينية في معالجة جزيئات الشاي لإطلاق عناصر نباتية في الشاي في محاليل خاصة، الأمر الذي فتح المجال لإنتاج "شاي النانو" الغنيّة بالسيليوم، هذا النوع من المادة التي تساهم في التقليل من نسبة الكوليسترول والدهون في الدم[21]، كما أنتجت معامل الكيمياء الألمانية

ISSN : 2602-7402
EISSN: 2676-1637

BASF مادة الإيكوين باستخدام جزيئات النانو كمادة مضادة في تصنيع عصائر الفواكه والأجبان، ما يسمح من تخزينها لفترات طويلة[22].

5.3. **في ميدان الطب العلاجي:** لا يزال الطب يعاني من نقائص كثيرة، سيما ما يخص طرق وآليات التشخيص، وهو ما ساهم في انتشار الكثير من الأمراض المعدية منها والوراثية. لكن اليوم مع التطور الذي حققته تكنولوجيا النانو في مجالات مختلفة، قد غيّرت الوجهة أيضا نحو مجال الطب العلاجي، فهي تسعى إلى إيجاد سبل طبيّة متطورة، خاصة الاعتماد على التصنيع الجزيئي للمادة لاستهداف الأعضاء المريضة، والبداية كانت في معالجة الأمراض الجلدية وما تحمله الخلايا من عطب باستخدام الزيوت المرطبة، وفي إنتاج مستحضرات التجميل ومستحضرات وقاية الجلد من الأشعة الشمسية، وفي إنتاج أدوات نانوية تساهم في تنظيف الجلد والبشرة وإزالة الزيوت الزائدة[23]، وأيضا تصنيع مواد نانوية تعمل على إيصال الدواء إلى مكان الأنسجة المريضة، بحيث تستهدف مكان المرض بتجاوزها للحواجز الحيوية مع التقليل من الأعراض الجانبية، واستخدامها في التشخيص الطبي من أجل الاكتشاف المبكر للمرض مثل تقنيات التصوير باستعمال الشرائح الالكترونية D3 ، التصوير بالأشعة السينية في تشخيص أمراض العظام، وفي اكتشاف الأدوية والعقاقير العلاجية، خاصة في مجال المضادات الحيوية ومضادات السرطان أبرزها " النانو بيوتيك" « Nano-Biotique » كبديل جديد لهذه المضادات، وذلك بإدخال نانو الفضة في قتل الجراثيم والميكروبات.

كما أتاحت تكنولوجيا النانو الفرصة لصالح المرضى في إجراء تحاليل طبيّة دقيقة لوحدهم دون مساعدة طبية، كمتابعة نسبة التغيّر في تركيز الغلوكوز في الدم عن طريق فحص قطرة واحدة لعيّنة من الدم، يتّم اسقاطها على شريحة إلكترونية متصلة بجهاز صغير[24].

إن التحالف بين النانو تكنولوجيا والبيو تكنولوجيا « Bionanotechnology » قد ساهم في دراسة مكونات خلايا الكائن الحي، ودراستها بشكل دقيق على المستوى الجزيئي للخلية الواحدة، وذلك باستخدام المواد الحيوية النانوية « Bionanomaterials » في تخليق حبيبات صغيرة الجسم، منها لا تتعدى مقاييس أبعاد أقطارها 2 نانومتر، مما يعني زيادة فاعليتها وتربعها على قمة المواد الحيّة الفعالة مثل الأحماض النووية والبروتينات، كما تساعد هذه الحبيبات النانوية الصغيرة في عملية تشخيص ومراقبة الوظائف الحيوية داخل الخلية ورصد تغيراتها، خاصة التأكد من عدم إصابتها بأي فيروس[25].

ومن بين الآفاق المستقبلية لتكنولوجيا النانو في ميدان الطب، التطلع نحو صناعة الروبوتات النانوية واستعمالها في إيصال الدواء إلى المناطق المصابة في جسم الإنسان، مع إضافة محلول كيميائي يحقن داخل الأوردة الدموية، خاصة في محاربة الفيروسات والخلايا المسرطنة، قبل انتشارها في الجسم وهي بديل للعلاج الكيماوي، وأيضا استخدامها في تحديد الجلطات التي تهدد حياة المريض على مستوى الشرايين، بحيث تقوم بإزالة الكتل المترسبة على جدران الشرايين[26]، وهذا ما أكده مدير الهندسة في شركة google "راي كورزويل" « Ray Kurzweil » (1948-.) - صاحب الفكر الاستشرافي للتكنولوجيا في المستقبل- بأن تقنية النانو تطمح إلى غاية 2030 نحو إمكانية السفر عبر الروبوتات النانوية على مستوى الدم باستعمال روبوتات الحمض النووي في مجرى الدم، عن طريق حقن أدوية تختثر الدم في الأوعية الدموية حول الأورام، مما يؤدي إلى قطع امدادها بالدم بحثا عن الخلايا السرطانية وتدميرها كلية لحماية النظام البيولوجي من مختلف الأمراض التي قد تهدد الجسم البشري[27].

ISSN : 2602-7402
EISSN: 2676-1637

كما تطمح تكنولوجيا النانو من خلال أبحاث أجريت في إحدى الجامعات الأمريكية مؤخرا نحو صناعة أجهزة نانوية تساهم في علاج مرض السكري كبديل لحقن الأنسولين، وذلك باستعمال كبسولات النانو في نقل الدواء إلى مكان المرض دون أن تترك آثارا جانبية، وأيضا في استخدام نانو الذهب في العلاج الضوئي عن طريق امتصاص الضوء وتحويله إلى طاقة حرارية تمكنه من الولوج إلى الخلايا السرطانية فقط، دون الخلايا السليمة، في انتظار الدراسات المستقبلية القريبة خاصة الروبوتات النانوية القابلة لاستنساخ نفسها حتى تكون هناك الملايين منها تساوي حجم الكريات الدموية الحمراء، وهي تتضمن كاشفات(الليزر) بحيث يتم حقنها في مجرى الدم لتقوم بمطاردة الخلايا المسرطنة والقضاء عليها كليا[28].

كما أكّد أيضا " كورزويل" أن تكنولوجيا النانو امتدت إلى الجانب الغذائي، علما أن الإنسانية اليوم تعاني كثيرا من السمنة والأمراض التي تصيب الجهاز الهضمي كسرطان المعدة والقولون، لهذا فإن دور الروبوتات النانوية ستساعد مستقبلا في تحقيق النظام الغذائي الذي يقي الإنسان من هذه الأمراض، ومنع انتشارها في الدورة الدموية حتى يتسنى لها مراقبة المواد الغذائية داخل الجسم، وما يمكن أن تفرزه من سموم ضارة وميكروبات، حيث يكمن دورها في هذه الحالة بتدميرها[29].

في ذات السياق توقع أيضا العالم " روبيرت فريتاس جونيور" كبير الباحثين في معهد التصنيع الجزيئي بكاليفورنيا وعالم الأبحاث في شركة Zyvex أنه في حلول 2030 يمكن التخلص من أغلب أعضائنا وخلايانا، بحيث يكفي أن يبقى لنا دماغ وهيكل عظمي وجلد وأعضاء تناسلية وأعضاء حسيّة كالفم، لتجعل من هذا الجسد أشد قوّة ومقاومة والقدرة الفائقة على تحمل المرض[30].

4. مخاطر تكنولوجيا النانو: لا شك أن عاصفة الانتقادات لم تطل التقنيات البيو تكنولوجية كالهندسة الجينية التي أعلنت ثورتها على الجينات(التلاعب الجيني) ومحاولة تغيير الصفات، بل امتدت أيضا إلى تكنولوجيا النانو. فبقدر ما حققته من نتائج على مستوى تطبيقاتها، خاصة المجال الطبي والعلاجي، إلاّ أنها خلّفت بعض المشكلات والمسائل الصحيّة والبيئية والأخلاقية- سيما وأنّ هذه التقنية في يد العلماء الذين لا يهمهم سوى إشباع فضولهم العلمي ولو على حساب البشر- وهو ما أثار حفيظة فلاسفة البيوإتيقا ورجال الدين ورجال القانون، وأمطروها بوابل من الانتقادات يدعون فيها إلى ضرورة وضع حد لمثل هذه الأبحاث التي تمثّل تهديا للطبيعة البشرية ومستقبلها، وهو ما حذّرنا منه عالم الذكاء الاصطناعي وأحد أبرز دعاة ما بعد الإنسانية ** السويدي" نيك بوستروم" « Nick Bostrom » (1973-.)في كتابه "ما فوق الإنسانية دليل موجز الى المستقبل" بأن تكنولوجيا النانو تسعى إلى تغيير محيطنا والتأثير في تصرفاتنا، وسيحين الوقت عاجلا أم أجلا لكي تتصرف فينا عقلا وجسدا وهذا ما ينبئ عن نهاية البشر.

ومن جملة المخاطر والمسائل المحتملة عن تطبيقات تكنولوجيا النانو نجد:

1.4. المخاطر الصحيّة:

إن معظم المنتوجات المصنعة - رغم جميع إجراءات السلامة التي يتم اتباعها- التي غمرت الأسواق اليوم من مواد التجميل، بإمكانها أن تحمل مواد سامة تضر بصحة الإنسان، لا سيما في ظل غياب الرقابة الطبية، بحيث يمكن أن تنفذ إلى الجسم عبر مسامات الجلد مثل مساحيق التجميل والزيوت والكريمات، وخاصة الأنواع المستخدمة للحماية من الأشعة فوق البنفسجية والمضادة للتجاعيد، إلى جانب عدد من مواد تنظيف الأسنان، خاصة الأنواع المستخدمة للتبييض، والتي تثير الشكوك حول إمكانية إحداثها لخدوش باللّثة والتقليل من سمك الأسنان، فضلاً عن مادة المياه التي يغسل أو يشطف بها أحواض السباحة وتمثل الجروح

ISSN : 2602-7402
EISSN: 2676-1637

والندوب والتشققات والثنايات الجلدية أكثر المواضع لنفاذ المواد الخطرة للجسم.

كما أن استنساخ الجزيئات النانوية لنفسها قد يأخذ مجرا مغايرا، فماذا لو خرجت عن السيطرة مخترقة جسم الإنسان لتجتمع في خلايا الدماغ وخلايا الدم وتقوم بتدميرها؟ أو ما يمكن أن تحمله من مواد كيميائية بأن تتغلغل داخل خلايا الجسم بل يمكن أن تصل إلى نواة الخلية وتغيّر من خصائصها أو ربما تسميمها، وهو ما حذّر منه العالم الأمريكي " بيل جوي" خبير البرمجيات في مقالته المعنونة " لماذا لا يحتاج إلينا المستقبل؟" والمنشورة في مجلة « **Wired** » الأمريكية، من مخاطر الروبوتات النانوية الصغيرة الحجم، التي يمكن أن تتحوّل إلى آفات ميكانيكية مدمّرة، تستنسخ نفسها بنفسها، فماذا لو انتشرت بشكل عشوائي ولا يمكن إيقافها؟[31].

2.4. المخاطر البيئية :

لقد توقع " إريك دريكسلر" سيناريو محتمل عن مخاطر تكنولوجيا النانو على المستوى البيئي، والقلق على الأجيال القادمة، كما هو الحال في كل مرة نشرب مياه من الطبيعة فيها مواد خطيرة قد تكون لها آثار مستقبلية على أحفادنا، خاصة التكاثر الذاتي للروبوتات النانوية، الذي يعتمد على امدادها بالطاقة الشمسية من أجل انتشارها في كل نواحي المحيط، وهو ما يجعل من الطاقة غير كافية[32]، هذا من جهة، ومن جهة أخرى، ماذا لو خرجت عن السيطرة وقامت باستهلاك كل المواد المتاحة في عالم الأرض، كمهاجمة كل ما هو كربوني، وهيدروجيني، أو في التهام المواد الحيوية كالبكتيريا التي يحتاجها الإنسان في حياته؟ وهذا ما رصدته بعض التقارير الأوربية بأن بعض الأضرار التي سوف تلحق بالمواد الطبيعية والمقوّمات البيئية للأرض والهواء والماء، وارتفاع نسبة التلوث بسبب ارتفاع معدلات الامتصاص للجسيمات النانوية الصغيرة.

هذا السيناريو الذي أثار مخاوف العالم " دريكسلر" وجعله يصّر على ضرورة أخذ الاحتياطات اللازمة في المستقبل لتجنب مخاطر هذه الروبوتات أو العناصر النانوية، من خلال برمجتها مبدئيا لتتوقف عن

التكاثر التلقائي وربطها بمراكز التحكم عن بعد في حال خرجت عن السيطرة[33].

3.4. المسائل الأخلاقية:

قد يبدوا أن تكنولوجيا النانو لا تمثّل أيّ تهديدا للبشرية في الوقت الراهن- بحكم أن هذا النوع من التكنولوجيا لا يزال في بداياته الأولى- لكن تظل المخاوف قائمة، وذلك بسبب إصرار ووعود العلماء نحو السير قدما في إنتاج روبوتات آلية وذكية لتعويض الإنسان في كل مجالات الحياة، أو نحو بلوغ الإنسان الآلي (السايبورغ)*** المجهز بوسائل اصطناعية روبوتية وأجهزة حواسب، أو في التطلع نحو القضاء على الشيخوخة عن طريق اصلاح الأعضاء والخلايا التالفة وتجديدها بزرع أعضاء جديدة بالاعتماد على النقل الجيني، لأن الشيخوخة في نظرهم عبارة عن مرض كباقي الأمراض الأخرى يمكن القضاء عليه، خاصة بعد التحالف التكنولوجي الرباعي (NBIC)**** الذي جمع بين تكنولوجيا النانو والبيو تكنولوجيا والمعلوماتية والذكاء الاصطناعي.

هذا التحالف الذي دعّمه فلاسفة ما بعد الإنسانية كمشروع تطوري يساهم في التغلّب على الطبيعة البشرية وما تحمله من نقائص بيولوجية، وذلك باستخدام طرق التحسين التكنولوجي القائم على التحالف الرباعي للتقنيات المتقاربة(NBIC) لهدف خلق نوع جديد من البشر، يحمل جسدا جديدا وعقلا جديدا، أي بقدرات خارقة تفوق القدرات الطبيعية للبشر، إما عن طريق التغييرات في جسم الإنسان، من حيث تركيبته البيولوجية والجينية وهو الإنسان المعدّل وراثيا، وإما عن طريق آليات تقنية تهدف إلى خلق إنسان مصطنع، وذلك من خلال إدخال غرسات اصطناعية أو رقائق الكترونية في جسمه ودماغه، وهو ما يعرف بالإنسان الروبو (Bionic).

هذا النمط من التحالف هو الذي يمثّل تهديدا وخطرا على البشرية، لأن البشرية اليوم تتمتع بحرية التحسين في الجسد وفي الجينات بحثا عن قدرات عقلية وجسدية فائقة، بغض النظر عما تحمله من أخطار صحية ومسائل أخلاقية، لأن ما يهم البشرية -حسب دعاة ما بعد الانسانية- هو تجاوز ما هو بشري والانتقال به من عالم الإنسية إلى عالم التقنية.

ISSN : 2602-7402
EISSN: 2676-1637

ومن بين القضايا الأخلاقية التي أثارتها تكنولوجيا النانو، التلاعب بجزيئاتها وإعادة ترتيبها بشكل جديد، قد يؤدي إلى ظهور جزيئات تحمل في طياتها أضرارا خطيرة، فماذا لو خرجت الروبوتات النانوية المستخدمة في التشخيص والكشف المبكر للأورام عن السيطرة واخترقت المادة الوراثية داخل الخلية؟ ماذا لو قامت هذه الروبوتات في التحكم في المادة الوراثية أو التغيير في طبيعتها؟ أليس هذا انتهاكا لحقوق الإنسان وكرامته ؟ ماذا لو كان في استخدام نانو الذهب على سبيل المثال في مكافحة الخلايا السرطانية على مستوى جسم الإنسان سببا في ظهور أمراض خطيرة أخرى نظرا لما يمكن أن تحمله من مواد سامة؟، ماذا لو تحوّلت تكنولوجيا النانو وأصبحت في يد الإرهاب البيولوجي الذي يستغل نتائج البحوث الخاصة بتخليق المواد النانوية وكيفية توظيفها في تصنيع جيل جديد من المواد الكيميائية والأسلحة الفتاكة (الحرب البيولوجية) بنوع من الرشاقة والأناقة واطلاقها برا وبحرا وجوا؟ وهي أكثر دمارا من السلاح النووي تنتقل عبر الأشخاص أو الحيوانات، إنّها حرب الفيروسات التي تستخدم أساليب وأدوات أصغر وأبسط ما تكون في إحداث نوع من التحوير الجيني للفيروس، وهذا حال فيروس كورونا أو كوفيد19 - الذي ضرب العالم في أواخر ديسمبر 2019- مثلما أسمته المنظمة العالمية للصحة اختصارا للتعبير الانجليزي كورونا المستجدّ، وهو عبارة عن كرات متناهية الصغر متوسط قطرها 125 نانومتر، خلّفت مخاطر صحيّة قاتلة على مستوى الالتهاب التنفسي الحاد، كل هذا كان بسبب النرجسية الخبيثة والطابع الأناني وقصر النظر لبعض العلماء الذين لا يهمهم سوى تحطيم منظومة القيّم على حساب قدسيّة وكرامة البشر.

لهذا نجد "إريك دريكسلر" يطرح في كتابه " ثورة التكنولوجيا النانوية استشراف المستقبل" سؤالا حول مستقبل الإنسان في ظل هذه المشكلات المترتبة عن تكنولوجيا النانو؟ ليضعنا أمام خيارين وأحلاهما مر: إما إيقاف مسار تطور تكنولوجيا النانو، وهذا ما لا يتماشى والخصوصية العلمية، وإما إطلاق العنان لها واستمرارها دون مراعاة ما يترتب عنها من مخاطر، خاصة على الصعيد العسكري و صناعة الأسلحة النووية

الأكثر فتكا في العالم، لهذا نجده يدعوا إلى ضرورة ربط تقنية النانو بالهيئات السياسية في دول العالم المتطورة، لهدف ضبطها وتوجيهها نحو خدمة الإنسانية ونحو تغيير العالم من الأسوأ الى الأحسن وأخلقتها من خلال وضع ضوابط قانونية تردع كل مسيئ لها.

ومجمل هذه المخاطر والانزلاقات قد تنبأ بها" نيك بوستروم" في مقاله الموسوم" مستقبل الإنسانية " الذي صدر في كتاب "موجات جديدة في فلسفة التكنولوجيا" 2018 الذي يعرض فيه السيناريوهات الأربعة المتوقعة الحدوث في المستقبل والتي ينظر إليها من زاوية سلبية وهي:

- ✓ اندثار البشرية باستخدام النانو تكنولوجي إمّا في صناعة أسلحة فتاكة أكثر من النووي، أو حرب الفيروسات القاتلة والأكثر فتكا للبشر من الأنفلونزا والايدز.
- ✓ الانهيار المتكرر للبيئة وتغير المناخ بسبب استخدام المواد الكيميائية السامة، والتي قد تزيد من الكوارث الطبيعية ربما زيادة نسبة درجة الحرارة الى 4 درجات في المئة وارتفاع منسوب البحار.
- ✓ الاستقرار وهو مستبعد بسبب الطابع الأناني للإنسان، وهو إمكانية أن تصل البشرية الى مرحلة التشبّع العلمي والازدهار الاقتصادي و التكنولوجي الذي لا مثيل له في تاريخ البشرية إلى غاية 2050م أو أكثر.
- ✓ الوصول إلى الإنسان الآخر الآلي باتحاد تقنية النانو والذكاء الاصطناعي ويكون بديلا له، بحيث تُوكل له كل المهام، ويَأخذ مكانه كإنسان خارق[34].

5. الخاتمة:

من خلال ما سبق ذكره نستنتج أن تطور أي دولة في العالم مرهون بمدى اهتمامها بالثورات التكنولوجيا، وبخاصة تكنولوجيا النانو. هذه التقنية التي أشرقت في سماء حياتنا اليومية بداية هذا القرن-21م- بمجموعة انجازاتها التي تضمّنت تطبيقاتها العديد من المجالات، والتي لا تزال تشهد تقدما متسارعا يوما بعد يوم و سنة بعد سنة، وهو الأمر الذي

ISSN : 2602-7402
EISSN: 2676-1637

جعلها من أهم التقنيات في يومنا هذا, نظرا لما لها من أهمية في تحسين المنتجات والمواد الاستهلاكية والزراعية وحماية المحيط البيئي، وعلاج الأمراض الخطيرة التي لم يصل العلم اليوم في إيجاد حل جذري لها، بالإضافة إلى أنها تعطي أملا كبيراً للثورات العلمية في المستقبل كالفيزياء والبيو تكنولوجيا والذكاء الاصطناعي والمعلوماتية وغيرها.

لذلك فإنه يجب العمل على الاستفادة من الخواص المتميزة للمواد النانوية في إحداث ابتكارات واختراعات تفيد البشرية في مجالات السلم وتسريع الحياة وتسهيلها. وبما أن النانو هو محور اهتمام العلم اليوم نأمل أن يزداد الاهتمام به في العالم العربي، ويصبح من أكثر الدول سعياً في البحث في هذه التقنية وتجديدها، لنتمكن من اللحاق بالركب العلمي وإطلاق العنان للطاقات العلمية والعقول الموجودة في البلد لإثبات جدارتهم وكفاءتهم.

لكن من جهة أخرى لا ينبغي أن تنبهر البشرية من هذه الانجازات والتطورات، وتتوانى عن المخاطر البيئية والاقتصادية والاجتماعية والصحيّة والمسائل الأخلاقية التي قد تثيرها هذه التكنولوجيا في المستقبل، نظرا لما يمكن أن تحمله من تهديد للبشرية، بل ينبغي دائما وضع لجان أخلاقية وقانونية تراقب عن كثب كل تقدم تكنولوجي سواء في السر أو العلن، وتوجيهها نحو ما يخدم البشرية، بعيدا عن أيّ تهوّر قد يؤدي إلى المساس بالكرامة الإنسانية أو تهديد للعالم الخارجي الذي ننتمي إليه.

6. قائمة المراجع:

1. أولغا تشيتفيريكوفا، دكتاتورية المستنيرين: روح الإنسانوية العابرة وأهدافها، تر؛ باسم الزعبي، الآن ناشرون، عمان، ط1، 2020.

2. رؤوف وصفي: لقاء المستقبل بين العلم والتكنولوجيا، المكتبة الأكاديمية، مصر، ط1، 2007.
3. صفات سلامة: النانو تكنولوجي عالم صغير ومستقبل أكبر، الدار العربية للعلوم ناشرون، لبنان، ط1، 2009.
4. فتح الله الشيخ، محمود موسى: قصة النانو تكنولوجيا حاضرها ومستقبلها، المكتبة الأكاديمية، مصر، ط1، 2009.
5. ك.إريك دريكسلر وآخرون: استشراف المستقبل ثورة التكنولوجيا النانوية، تر؛ رؤوف وصفي، المركز القومي للترجمة، القاهرة، ط01، 2016.
6. مارينا مايستروبي: الإنسان في مهب التقنية من الإنسان إلى ما بعده، تر؛ محمد أسليم، مطبعة بلال، فاس، 2019.
7. محمد شريف الاسكندراني، تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب- الكويت، 2010.
8. منير محمد سالم: طب النانو...الآفاق والمخاطر، مجلة عجمان للدراسات والبحوث، المجلّد العاشر، العدد01، الامارات العربية المتحدة، 2011.
9. موقع طبي(2020)، الروبوتات النانوية ثورة جديدة في عالم التكنولوجيا والطب .(https://altibbi.com/amp/(30/08/2023
10. نهى علوي أبو بكر الحبشي: ماهي تقنية النانو؟، مكتبة الملك فهد الوطنية، المملكة العربية السعودية، ط1، 2009.
11. Gelbert Hottois, J.N.Missa et L.Perable, L'humain et ses Préfixes : Encyclopédie du trans/posthumanisme, Librairie philosophique, J.Vrain, paris, 2015.
12. Goachin Schummer, Davis Baird, Nanotechnology challenges : implication for philosophie ethics and society, World sientific publishing, U.S.A , 2006.
13. Luc Ferry, la revolution transhumaniste, édition plon, paris, 2016.
14. Olivier Rey, L'avenir du Transhumanisme, les carnets de l'institut diderot, paris, 2019.
15. Ray Kurzweil, The Singularity Is Near, published by the penguin groupe,u.s.a, 2005.
16. www.kheper.net/topics/nanotech/nanotech-history.htm(28/08/2023).

6. الملاحق:

ISSN : 2602-7402
EISSN: 2676-1637

* هي أجهزة صغيرة مصنّعة أو بيولوجية بحجم النانو لها القدرة في الدخول إلى خلاليا الجسم وأداء وظيفة معيّنة في داخلها، وتستخدم اليوم في مجال الطب النانوي سواء في أنظمة إيصال الدواء إلى أماكن المرض، خاصة في استهداف الخلايا السرطانية كبديل للعلاج الكيمياوي، أو في واقيات الشمس ومنتجات التجميل وغيرها من الأنظمة.(ينظر: موقع طبي(2020)، الروبوتات النانوية ثورة جديدة في عالم التكنولوجيا والطب .(https://altibbi.com/amp/(30/08/2023.

** أو الإنسانية المتجاوزة/العابرة وهي حركة فلسفية تطورية تهدف إلى تطوير وتحسين قدرات الإنسان الفكرية والجسدية لمواكبة التطور التكنولوجي المتقدّم، أو بتعبير آخر فهي تلك الحركة الدولية التي تهتم بمستقبل الإنسان جراء التغيرات والتطورات العلمية والتكنولوجية التي تطرأ على البشرية بعد عملية تعزيز وتحسين القدرات، من منطلق أن الجنس البشري في شكله الحالي لا يُمثّل نهاية التطور، ولكنه يمثّل مرحلة أوليّة له، أي الانتقال من مرحلة الإنسانية الى مرحلة ما بعد أُنسانية.(ينظر: أولغا تشيتفيريكوفا، دكتاتورية المستنيرين: روح الإنسانوية العابرة وأهدافها، تر؛ باسم الزعبي، الآن ناشرون، عمان، ط1، 2020، ص9).

*** هو مصطلح مركب من جمع بين الأحرف الثلاثة الأولى(cyb) لكلمة (cybernetique) والأحرف الثلاثة الأخيرة (org) لكلمة (organisme)، وهو ما يشار به إلى الكائن الحي السيبراني أي الآلي، وهو الإنسان المركب أو المزيج بين المكونات البيولوجية والتقنية. من الناحية العلمية ظهر مصطلح السايبورغ في ستينات القرن الماضي على يد (nathan kline) و(manfred clynes)، حيث اقترح تصنيع إنسان معزّز يمكن أن يعيش في عالم غير عالم الأرض، وهو ما تجسّد في الكثير من الأفلام السينمائية الخيالية التي أعطت تصورا لما سيكون عليه هذا الإنسان الآلي في المستقبل، مثل فيلم الروبوكوب بنسختيه وقدرته في مواجهة عصابات الشوارع. إلاّ أنّ ارهاصاته الأولى كانت موجودة بين دفاتر الكتابات والقصص الفلسفية القديمة، حيث الكثير منها تنبأ بإمكانية الوصول يوما ما إلى نسخة من البشر معدّلة أو مصنّعة، أو نسخة أقرب إلى الآلة (الإنسان الآلي)، وهذا ما تجلى في إحدى الأساطير الإغريقية "بالوس" .(ينظر: Gilbert Hottois, J-N.Missa et L.Perbal, L'humain et ses préfixes Encyclopédie du trans/posthumanisme, ibd, pp (371-373).

****** هي مجموع التقنيات التي يشار إليها باسم " التقنيات المتقاربة لتحسين الأداء البشري" التي شرعت فيها أجندة البحث الأمريكية المقترحة في تقرير Reco و Bainbridge التابع لمؤسسة العلوم الوطنية. هذا التقرير الذي لعب دورا أساسياً في**

توجيه وتمويل البحث الأمريكي المكرّس لخدمة هذه التقنيات الأربعة والتي كان لها الفضل في ظهور الانسانية المتجاوزة أو ما بعد الإنسانية وهي: النانوتكنولوجيا (N) وهو العلم الذي يدرس الأجزاء المتناهية في الصغر، البيوتكنولوجيا(B) أو التكنولوجيا الحيوية التي تتخذ من الكائن الحي موضوعا لها، بحيث تستخدم مجموعة من تقنيات التحسين لهدف إنتاج منتجات مفيدة للإنسان، تكنولوجيا الإعلام والاتصال(I) التي تستخدم الشبكة العنكبوتية كآلية تقوم عليها باقي التكنولوجيات، العلوم المعرفية(C)أو علوم الدماغ وتتعلق بالذكاء الاصطناعي وكل ما يخص تخزين المعلومات، محاكاة الدماغ.(ينظر: Gilbert Hottois, J-N.Missa et L.Perbal, L'humain et ses préfixes Encyclopédie du trans/posthumanisme, librairie philosophique j.vrin, paris, 2015, p338).

7. الهوامش:(*)

[1] Gelbert Hottois, J.N.Missa et L.Perable, L'humain et ses Préfixes :Encyclopédie du trans/posthumanisme, Librairie philosophique, J.Vrain, paris, 2015, p62.

[2] صفات سلامة: النانو تكنولوجي عالم صغير ومستقبل أكبر، الدار العربية للعلوم ناشرون، لبنان، ط1، 2009، 13.

[3] ك.إريك دريكسلر وآخرون: استشراف المستقبل ثورة التكنولوجيا النانوية، تر؛ رؤوف وصفي، المركز القومي للترجمة، القاهرة، ط01، 2016، ص34.

[4] فتح الله الشيخ، محمود موسى: قصة النانو تكنولوجيا حاضرها ومستقبلها، المكتبة الأكاديمية، مصر، ط1، 2009، ص ص(23-21).

[5]Gelbert Hottois, J.N.Missa et L.Perable, L'humain et ses Préfixes :Encyclopédie du trans/posthumanisme, ibid, p62.

[6] منير محمد سالم: طب النانو...الآفاق والمخاطر، مجلة عجمان للدراسات والبحوث، المجلّد العاشر، العدد01، الامارات العربية المتحدة، 2011، ص77.

[7] فتح الله الشيخ، محمود موسى: قصة النانو تكنولوجيا حاضرها ومستقبلها، مرجع سابق، ص25.

[8] المرجع نفسه، ص28.

[9]Martin Ford, Rise of The Robots technology and the threat of a jobless future, basic barks, a member of the perseus Books Groupe, New york, 2015, p241.

[10] www.kheper.net/topics/nanotech/nanotech-history.htm(28/08/2023).

[11]Goachin Schummer, Davis Baird, Nanotechnology challenges : implication for philosophie ethics and society, World sientific publishing, U.S.A , 2006, p07.

[12] صفات سلامة، النانو تكنولوجي عالم صغير ومستقبل أكبر، مرجع سابق، ص22.

[13] المرجع نفسه، ص26.

[14] نهى علوي أبو بكر الحبشي: ماهي تقنية النانو؟، مكتبة الملك فهد الوطنية، المملكة العربية السعودية، ط1، 2009، ص13.

[15] منير محمد سالم: طب النانو...الآفاق والمخاطر، مرجع سابق، ص79.

[16] نهى علوي أبو بكر الحبشي، ماهي تقنية النانو؟، مرجع سابق، ص41.

ISSN : 2602-7402
EISSN: 2676-1637

[17] رؤوف وصفي: لقاء المستقبل بين العلم والتكنولوجيا، المكتبة الأكاديمية، مصر، ط1، 2007، ص185.
[18] صفات سلامة: النانو تكنولوجي عالم صغير ومستقبل أكبر، مرجع سابق، ص142.
[19] منير محمد سالم: طب النانو...الآفاق والمخاطر، مرجع سابق، ص77.
[20] رؤوف وصفي، لقاء المستقبل بين العلم والتكنولوجيا،، مرجع سابق، ص181.
[21] صفات سلامة: النانو تكنولوجي عالم صغير ومستقبل أكبر، مرجع سابق، ص129
[22] منير محمد سالم: طب النانو...الآفاق والمخاطر، مرجع سابق، ص77.
[23] ك.إريك دريكسلير وآخرون، استشراف المستقبل: ثورة التكنولوجيا النانوية، ص282.
[24] محمد شريف الاسكندراني، تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب-الكويت، 2010، ص192.
[25] المرجع نفسه، ص188.
[26] Luc Ferry, la revolution transhumaniste, édition plon, paris, 2016, pp(167-168).
[27] Ray Kurzweil, The Singularity Is Near, published by the penguin groupe,u.s.a, 2005,P194
[28] منير محمد سالم: طب النانو...الآفاق والمخاطر، مرجع سابق، ص92.
[29] Ray Kurzweil, The Singularity Is Near, ibid, P200.
[30] مارينا مايستروبي: الإنسان في مهب التقنية من الإنسان إلى ما بعده، تر؛ محمد أسليم، مطبعة بلال، فاس، 2019، ص63.
[31] صفات سلامة: النانو تكنولوجي عالم صغير ومستقبل أكبر، مرجع سابق، ص186.
[32] Gelbert Hottois, J.N.Missa et L.Perable, L'humain et ses Préfixes :Encyclopédie du trans/posthumanisme , ibid, p 66.
[33] فتح الله الشيخ، محمود موسى: قصة النانو تكنولوجيا حاضرها ومستقبلها، مرجع سابق، ص127.
[34] Olivier Rey, L'avenir du Transhumanisme, les carnets de l'institut diderot, paris, 2019, p18.