رقم الترتيب:.....

رقم التسلسل:.....

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر – الوادي

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا

مذكــرة تخــرج

لنيل شهادة ماستر أكاديمي

ميدان: علوم الطبيعة والحياة

شعبة: علوم بيئية

تخصص: التنوع البيئي والمحيط

الموضـــــــــوع

تأثير الاحتباس الحراري على الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض
(مراجعة سردية)

من إعداد الطلبة:

ميسة عاشوري

قواوه محمد الساسي

سويسي كوكب

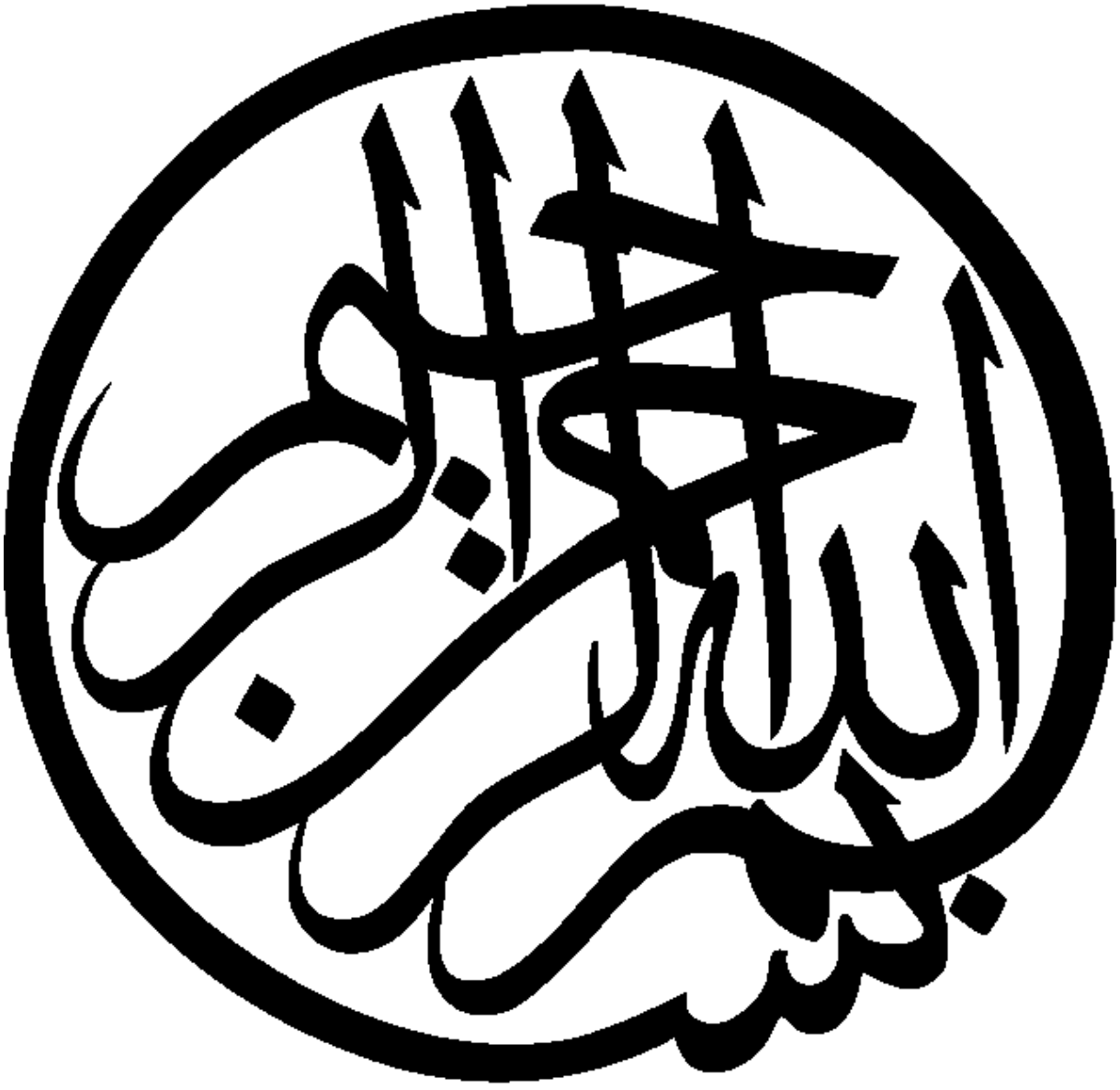
تحت إشراف:

د. خزاني بشير

نوقشت يوم: 2024/06/24 أمام اللجنة المكونة من:

د. خشخوش الأمين	أستاذ محاضر "أ" جامعة الوادي	رئيسا
د. خزاني بشير	أستاذ محاضر "أ" جامعة الوادي	مؤطرا
أ. عليات مفيدة سوسن	أستاذة مساعدة "أ" جامعة الوادي	ممتحنا

الموسم الجامعي: 2024/2023


بسم الله الرحمن الرحيم

تشكرات

الحمد والشكر لله الذي بحمده تتم النعم، القائل في محكم تنزيله ﴿ولئن شكرتم لأزيدنكم﴾ والصلاة والسلام على نبينا وحبيبنا محمد ﷺ وعلى آله وصحبه ومن اتبع هداه أجمعين.

بداية لا يسعنا إلا أن نتقدم بوافر وجزيل الشكر إلى الدكتور خزاني بشير لقبوله الإشراف على مذكرتنا هاته، ومساهمته الفعّالة في إسقاط المعارف النظرية على الواقع من خلال تسهيل وفك خيوط مراحل انجاز مذكرتنا.

وكذا أعضاء اللجنة الموقرين الدكتور خشخوش الأمين والأستاذة عليات مفيدة سوسن، على تفضلهم بقبول مناقشة مذكرتنا.

وأرقى التشكرات لأساتذتنا الكرام: عليات، راشدي، غربي، جودي، بن ناجي، قدول ورمضاني. على مساهمتهم الكبيرة والفعّالة في المادة التعليمية والمعرفية المكتسبة على مدار أسابيع هذا الموسم الجامعي. والذين لم يبخلوا علينا بتوجيهاتهم ونصائحهم القيّمة في إنجاز هذه المذكرة.

كما نشكر كل من مد لنا يد العون من قريب وبعيد..

شكرا

عاشوري، محمد الساسي وكوكب

إهداء

الحمد لمن بنعمه أغناني ومن فضله سقاني ومن الصّبر أعطاني ومن الشّر وقاني وإلى بر الأمان أواني.. الله

إلى روح والديّا الطاهرين.. دادة وبابا لكما في الصباح والمساء دعائي في كل صلاتي

إلى أخوتي وأخواتي الأعزاء.. مباركة، عبد الله، محمد، سليمة، صباح وميلود

إلى رفيقة الدرب وسندي زوجتي الكريمة

إلى فلذات كبدي وقطعة من فؤادي.. أولادي وبناتي فطومة وبيلا ودادة ورامي وغادة

إلى روح أختي الغالية سعاد وطير الجنة إبنتي إسراء..

إلى روح صديقي الصائم "غادة" عبد القادر بية..

إلى الأصدقاء العيد، نور الدين، فيصل، المكي، رشيد، محمد، عمار، أعمارة..

إلى زملاء الدراسة ثانية ماستر بيئة دفعة 2024..

إلى إدارة كلية العلوم الطبيعية والحياة، وتسهيلاتهم ومرافقتهم لنا لمتابعة دراستنا الجامعية بعد أكثر من 20 سنة من الانقطاع.

إلى زميلي المذكرة محمد الساسي وكوكب..

إلى كل هؤلاء اهدي ثمرة جهدي هذا

عاشوري

إهداء

الحمد لله الذي وفقنا لتثمين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية بمذكرتنا هذه ثمرة الجهد والنجاح

إلى روح والدي الطاهرة.. أبي لك في الصباح والمساء دعائي في كل صلاتي

إلى أمي الغالية.. أطال الله في عمرها

إلى إخوتي وأخواتي الأعزاء.. عمر، محمد الصغير، سعدية، ساسية، رشيدة والسعيد

إلى رفيقة الدرب وسندي زوجتي الكريمة

إلى فلذات كبدي وقطعة من فؤادي.. أولادي وبناتي

إلى روح أخي الغالي.. الطيب

إلى كل الأهل والأقارب..

إلى زملاء الدراسة ثانية ماستر بيئة ومحيط دفعة 2024..

إلى زميلي المذكرة عاشوري وكوكب..

إليكم جميعا أهدي هذا العمل

محمد الساسي

إلى والديا الكريمين

إلى أخوتي وأخواتي الأعزاء..

إلى رفيق الدرب وسندي زوجي العزيز

إلى فلذات كبدي وقطعة من فؤادي.. أولادي وبناتي

إلى زملاء الدراسة ثانية ماستر بيئة دفعة 2024..

إلى زميلي المذكرة

إليكم اهدي ثمرة جهدي هذا

كوكب

فهرس المحتويات

*** فهرسة العناوين:**

العنوان	الصفحة
تشكرات	
إهداءات	
فهرسة العناوين	
فهرسة الوثائق	
قائمة الاختصارات	
المقدمة العامة	أ، ب
الفصل الأول: الاحتباس الحراري	
مقدمة	2
1- تعريف الاحتباس الحراري	2
2- أسباب الاحتباس الحراري	3
2-1- الأسباب الطبيعية	3
2-1-1- التغيرات في مدار الأرض ودورانها	3
2-1-2- التغيرات في النشاط الشمسي	3
2-1-3- التغيرات في انعكاسية الأرض	4
2-1-4- التغيرات في تركيزات CO_2 الموجودة بشكل طبيعي	5
2-1-5- التغيرات في المناخ	6
2-1-6- النشاط البركاني	7
2-2- الأسباب البشرية	7
2-2-1- توليد الطاقة	7
2-2-2- تصنيع الاسمنت	7

2-2-3- قطع الغابات	8
2-2-4- الأنشطة الزراعية وتربية الحيوانات	8
2-2-5- سلوكيات البشر	9
3- الغازات الدفيئة	9
3-1- بخار الماء H_2O	10
3-2- ثاني أكسيد الكربون CO_2	10
3-3- أكسيد النيتروجين N_2O	10
3-4- الميثان CH_4	10
3-5- غاز الأوزون O_3	11
3-6- مركبات كلوروفلوروكربون CFCs	12
4- مؤشرات حدوث الاحتباس الحراري	13
5- آلية حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري	14
6- الآثار السلبية للاحتباس الحراري	15
6-1- الآثار السلبية للاحتباس الحراري على كوكب الأرض	15
6-1-1- التأثير على التنوع الحيوي البيئي	15
6-1-2- التأثير على درجة الحرارة	16
6-1-3- التأثير على المياه وتغيير نمط هطول الامطار	17
6-1-2- تزايد وقوع الأحداث البيئية المتطرفة	17
6-1-3- ذوبان الجليد وارتفاع مستوى سطح البحر	18
6-2- الآثار السلبية للاحتباس الحراري على الإنسان	19
6-2-1- زيادة الهجرة والنزوح	19
6-2-2- الآثار الاجتماعية	20

6-2-3- الآثار الاقتصادية	20
7- الحلول المقترحة للحد من ظاهرة الاحتباس الحراري	21
7-1- استراتيجيات مكافحة الاحتباس الحراري	21
7-1-1- الطاقة المتجددة والاستدامة	21
7-1-2- التخلص من النفايات الضارة	23
7-2- الدور العالمي في مكافحة الاحتباس الحراري	24
7-2-1- اتفاقية باريس للتغير المناخي	24
7-2-2- التزامات الدول في خفض الانبعاثات والدور القيادي للدول المتقدمة	25
7-3- توعية الجمهور والتعليم حول الاحتباس الحراري	26
7-3-1- دور وسائل الإعلام في توعية الجمهور	26
7-3-2- تضمين موضوع الاحتباس الحراري في المناهج الدراسية	26
7-3-3- حملات التوعية والتثقيف حول الاحتباس الحراري	27
7-4- الجهود الوطنية للحد من آثار الاحتباس الحراري	27
7-5- الحلول الفردية للحد من آثار الاحتباس الحراري	28
خاتمة الفصل	29
الفصل الثاني: الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض	
مقدمة	31
1- الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق الناقل	31
1-1- أنواع البعوض الناقل للأمراض الطفيلية	32
1-1-1- بعوضة الأنوفيليس	33
1-1-2- بعوضة الزاعج	33
1-1-3- بعوضة الكيوليكس	34

1-2- الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض	35
1-2-1- الملاريا	35
1-2-1-1- الطفيل الممرض	35
1-2-1-2- الإصابة وفترة الحضانة	36
1-2-1-3- الأعراض والمضاعفات	37
1-2-1-4- التوزيع الجغرافي	38
1-2-1-5- التشخيص	39
1-2-2- داء الفيل	41
1-2-2-1- الطفيل الممرض	41
1-2-2-2- الإصابة وفترة الحضانة	42
1-2-2-3- الأعراض والمضاعفات	43
1-2-2-4- التوزيع الجغرافي	44
1-2-2-5- التشخيص	45
2- الوقاية من الأمراض الطفيلية ومعالجتها	46
2-1- الوقاية	46
2-1-1- الوقاية من الملاريا	46
2-1-2- الوقاية من داء الفيل	48
2-2- المعالجة	49
2-2-1- علاج الملاريا	49
2-2-1- علاج داء الفيل	50
خاتمة الفصل	51
الفصل الثالث: تأثير الاحتباس الحراري على الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض	

مقدمة	53
1- آلية تأثير الاحتباس الحراري على الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض	54
1-1- التأثير من خلال الناقل والعامل الممرض	54
1-2- التأثير من خلال الأنشطة والسلوكيات البشرية	55
1-3- التأثير من خلال العوامل البيئية والاقتصادية والاجتماعية	56
1-3-1- الاقتصادية والاجتماعية	56
1-3-2- هطول الأمطار	57
1-3-3- التغير في استخدام الأراضي	58
1-3-4- التمدن	59
2- الاستراتيجيات اللازمة لمكافحة البعوض وتأثيرات الاحتباس الحراري	60
خاتمة الفصل	62
الخاتمة العامة	64
المراجع	67
الملخص	الأخيرة

*** فهرسة الوثائق:**

رقم الوثيقة	العنوان	الصفحة
1-1	منحنيان بيانيان للمتوسط العالمي لدرجة حرارة سطح الأرض والطاقة المنبعثة من الشمس ما بين سنتي 1980-2015	4
2-1	رسم تخطيطي يوضح تأثير الغازات الدفيئة على الطاقة الشمسية الواقعة على كوكب الارض	5
3-1	منحنيان بيانيان لتغيرات تراكيز CO_2 في الغلاف الجوي ودرجات الحرارة في القطب الجنوبي على مدار 800 سنة	6
4-1	رسم تخطيطي لاصطدام الرياح الشمسية بكوكب الارض	6
5-1	دائرة نسبية لنسب انبعاثات الغازات الدفيئة البشرية المنشأ على مستوى العالم في عام 2017	9
6-1	منحنيات بيانية توضح تزايد تركيز CO_2 وN_2O وCH_4 في الهواء الجوي خلال 40 سنة الأخيرة	11
7-1	رسم تخطيطي حول تأثير التغيرات في مستويات O_3 وإضعاف آلية التبريد الطبيعي للمحيط الجنوبي	12
8-1	منحنيات بيانية لتسعة متغيرات عالمية مختلفة تمثل مؤشرات رئيسية لارتفاع درجة حرارة المناخ	14
9-1	رسم تخطيطي يوضح كيفية حدوث الاحتباس الحراري	15
10-1	رسم تخطيطي يوضح مقارنة بين متوسطي درجة الحرارة بين فترتي 2023 و1951	16
11-1	صورة توضح انحسار الجليد في القطب الشمالي بشكل بلغ حده الأقصى بين عامي 1979 و2007	18
1-2	جدول يوضح أنواع البعوض الناقل للأمراض الطفيلية	32

2-2	رسم تخطيطي يوضح أقسام الجسم لدى البعوض وأجزاء الفم	32
3-2	صورة لأنثى بعوض الأنوفيليس الغامبية *Anopheles gambiae*	33
4-2	صورة لأنثى بعوض الزاعجة البولينيزية *Aedes polynesiensis*	34
5-2	البعوض البرغش الماص *Culex pipiens*	34
6-2	صورة مجهرية إلكترونية ذات لون زائف للطور البوغِي من المتصورة	36
7-2	صورة مجهرية إلكترونية تظهر طفيل الملاريا ملتصقًا بخلية دم حمراء بشرية يُظهر الشكل الداخلي تفاصيل نقطة التعلق عند التكبير	36
8-2	رسم تخطيطي يوضح دورة حياة المتصورة المنجلية	37
9-2	خريطة مناطق انتشار الملاريا في العالم	39
10-2	صورة مجهرية للطخة دم مصبوغة بصبغة جيمزا يظهر فيها الأمشاج منجلية الشكل لطفيل المتصورة المنجلية	40
11-2	صورة مجهرية لمسحة دم مصبوغة بصبغة بالهيماتوكسيلين يظهر فيها دودة الفخرية البنكروفتية *Wuchereria bancrofti*	42
12-2	صورة مجهرية لمسحة دم مصبوغة بصبغة جيمزا يظهر فيها دودة البروجية الملاوية *Brugia malayi*	42
13-2	رسم تخطيطي لدورة حياة طفيل دودة *Wuchereria bancrofti* مسبب داء الفيلاريات اللمفاوية	43
14-2	صورة داء الفيل في الساقين بسبب داء الفيلاريات، لإمرأة في البرازيل	44
15-2	خريطة مناطق انتشار داء الفيل في العالم حسب عدد حالات الاصابة	45

*** قائمة الاختصارات:**

الرمز	الاسم الكامل باللغة الاجنبية	الاسم الكامل باللغة العربية
GW	*Global Warming*	الاحتباس الحراري
CO_2	*Carbon dioxide Gas*	غاز ثاني أكسيد الكربون
N_2O	*Nitrogen Oxide Gas*	غاز أكسيد النيتروجين
CH_4	*Methane Gas*	غاز الميثان
CFCs	*Chlorofluorocarbon*	كلورفلوركربون
O_3	*Ozone gas*	غاز الأوزون
H_2O	*Water vapor*	بخار الماء
O_2	*Oxygen Gas*	غاز أكسجين
MBD	*Mosquito-Borne Disease*	الأمراض التي ينقلها البعوض
EIP	*External incubation period*	فترة الحضانة الخارجية

المقدمة العامة

المقدمة العامة

يعد الاختلال في مكونات الغلاف الجوي نتيجة النشاطات الإنسانية سبباً أساسياً في تغير حالة الطقس والمناخ على سطح الأرض وزيادة الدفيء فيها، وهو ما يؤدي إلى واحدة من أهم المشاكل البيئية وهي ظاهرة الاحتباس الحراري. فقد أصبحت التغيرات المناخية مشكلة عالمية تهم جميع دول العالم، وبالتالي فهي تمثل تحدياً خطيراً يواجه البشرية جمعاء، كما أنها تعتبر مُشكلةً عالميةً طويلةَ الأجلِ، تنطوي على تفاعُلات مُعقدة بين العوامـــل البيئيـــة وبين الظـــروفِ الاقتصاديـــة والسياسيـــة والأمنيـــة والاجتماعيـــة والتكنولوجية (سامي الطيب، 2023).

يمكن للتغيرات في درجات الحرارة وأنماط هطول الأمطار أن تغير توزيع وسلوك النباتات والحشرات والكائنات الحية الأخرى. وقد تم ربط تغير المناخ بالتغيرات في أنماط التنوع البيولوجي، بما في ذلك التحولات في توزيع الأنواع والتغيرات في التوزيع السكاني. كما يمكن أن يكون لهذه التغيرات آثار مباشرة على تكوين الكيانات البيولوجية المحمولة جوا مثل حبوب اللقاح والجراثيم والكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض وتكاثرها وانتشارها في الهواء الجوي، الذي بدوره يؤثر على انتشار الأمراض المنقولة بالنواقل، وظهور أو إعادة ظهور أمراض معينة كالملاريا، مما يؤثر على صحة الإنسان (سليم علي، 2024).

واستطاع العلماء تبرير معظم أسباب التغيرات المناخية الطبيعية، كالثورات البركانية أو التقلبات الشمسية، إلا أن الزيادة المثيرة في درجة حرارة سطح الأرض على مدار القرنين الماضيين منذ بداية الثورة الصناعية، وخاصة العشرين سنة الأخيرة لم يستطع العلماء إخضاعها للأسباب الطبيعية نفسها. حيث كان للنشاط الإنساني خلال هذه الفترة أثر كبير يجب أخذه في عين الاعتبار لتفسير هذا الارتفاع المطرد في درجة حرارة سطح الأرض (فروحات، 2012). ساهمت التغيرات المناخية في ظهور وانتشار الأمراض المعدية، التي تمثل تهديدا كبيرا لصحة الإنسان، ومن المثير للاهتمام أن معظم الأمراض المعدية – بما في ذلك الملاريا وداء الفيل – قد ثبت أنها حساسة للمناخ. حيث يقيد المناخ التوزيع الجغرافي والموسمي للعديد من مسببات الأمراض المعدية، ويمكن أن تؤثر الظروف الجوية على فترة الأمراض المعدية وانتشارها (Wu وآخرون، 2020).

إن تأثيرات تغير المناخ على الأمراض البكتيرية والفيروسية والطفيلية المنقولة بالنواقل مثل القراد والذباب والبعوض.. أكدت على نتائج بيانية تربط بين درجة الحرارة بالمعدلات الحيوية لهذه النواقل (ومسببات الأمراض)، مثل البقاء على قيد الحياة، ووقت التطور، والخصوبة، ومعدل العض.. سمحت بالتنبؤ بكيفية تأثير الاحترار على مخاطر هذه الأمراض (Altizer وآخرون، 2013).

ففي الآونة الأخيرة تكاثفت الجهود من أجل القضاء على هذه الأمراض. من بينها الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض، والحد من انتشارها الواسع. بعد أن أصبحت تشكل تهديدا بيئيا واقتصاديا يتعدى قدرة العديد من دول العالم الفقيرة خاصة على مجابهتها. حيث تهدف دراستنا الى مراجعة بعض الأبحاث العلمية التي خصصت في هذا المجال، وكذا الاستراتيجيات المتبعة في الوقاية والقضاء على هذه الأمراض.

في هذه الدراسة سنحاول الإجابة على الإشكالية التالية:

– ماهية الاحتباس الحراري؟ والتعرف على الأمراض الطفيلية المتنقلة عن طريق البعوض. وما مدى تأثير الاحتباس الحراري على انتشار الأمراض الطفيلية المتنقلة عن طريق البعوض؟

إن طبيعة الدراسة وأهدافها يحددان المنهجية المناسبة التي يستند إليها الباحث في القيام بتصميم بحثه أو دراسته. وقد اعتمدنا في هذه الدراسة في جمع المادة العلمية الخاصة بموضوع الدراسة على بعض الدراسات السابقة المتعلقة بالموضوع والكتب والتقارير والمجلات التي تصدرها الهيئات العلمية المتخصصة وكل من تطرق الى قضية الاحتباس الحراري وما مدى تأثيرها على الأمراض الطفيلية المتنقلة عن طريق البعوض.

وقد جزأنا دراستنا إلى ثلاث فصول، كالتالي:

* الفصل الأول، الاحتباس الحراري. وقد تطرقنا فيه إلى مفهوم الاحتباس الحراري وأسباب حدوثه، ومؤشرات وآلية حدوثه، وآثاره السلبية على كوكب الارض والإنسان، والحلول المقترحة للحد من ظاهرة الاحتباس الحراري.

* الفصل الثاني، الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض. وقد تطرقنا فيه إلى التعرف على أنواع البعوض الناقل للأمراض الطفيلية، والأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض، وطرق الوقاية من هذه الأمراض الطفيلية ومعالجتها.

* الفصل الثالث، تأثير الاحتباس الحراري على الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض. وقد تطرقنا فيه إلى مراجعة أهم الدراسات المنجزة حول تأثير الاحتباس الحراري على الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض، الاستراتيجيات اللازمة لمكافحة البعوض وتأثيرات الاحتباس الحراري.

الفصل الأول: الاحتباس الحراري

منـذ منتصف القـرن الماضـي، أثارت قضيـة تغيـر المنـاخ جـدلًا واسع النطـاق فـي وسائـل الإعـلام المحليـة والدوليـة، وقـد اتخذت قـدرًا كبيـرًا من النقاش، سـواء على المستويات العلمية أو السياسية (Khezzani، 2021). فقد شهد كوكب الأرض خلال القرن الماضي ارتفاع متوسط درجة الحرارة السطحيّة العالميّة من (0.3 إلى 0.6) درجة مئوية، وهي تمثّل أكبر زيادة في درجة حرارة سطح الأرض خلال الألف عام الماضية، ومن المتوقع زيادة أكبر في درجات الحرارة خلال هذا القرن، وقد اختلف العلماء والباحثين المهتمين بالبيئة في تحديد أسباب ذلك (يحي نبهان، 2012)، إذ أنّ متوسط درجة الحرارة العالميّة في الوقت الحالي تبلغ 15 درجة مئوية، ويتوقع علماء الطقس زيادتها من 2 إلى 4 درجة مئوية بحلول عام 2100. وقد أطلق على هذه الظاهرة المناخية مصطلح الاحتباس الحراري. والتي اكتشفت من قبل العالم الفرنسي جون فوريه عام 1824، إلا أن العالم السويدي سفانت أرينيوس هو أول من قام بتحديد هذه الظاهرة كمياً عام 1896. أين ترتفع درجة الحرارة في الأرض بسبب زيادة مستويات الغازات الدفيئة في الجو، مسببة احتباس أشعة الشمس في الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى زيادة درجة حرارة الأرض بشكل كبير، والتي تعد تحديًا حديثًا يواجه العصر الحديث. الناشئة نتيجة للتفاعل بين الأسباب البشرية والعوامل الطبيعية. وفهـم هـذه الظاهـرة مهـم لكـل فـرد منـا، حيث يجـب أن يكـون على درايـة بتأثيراتها وكيفيـة التصدي لهـا (A.I.P، 2020).

1- تعريف الاحتباس الحراري

تُعرّف ظاهرة الاحتباس الحراري Global Warming على أنّها ارتفاع في معدّل درجة حرارة الهواء الجوّي الموجود في الطبقة السفلى من سطح الأرض، وذلك خلال القرن أو القرنين الماضيين. وتحدث هذه الظاهرة عند حبس أو احتباس حرارة الشمس في الغلاف الجوي للأرض بعد دخولها إليه، ممّا يرفع درجة حرارة الأرض ويجعلها أكثر دفئاً، ويتم ذلك من خلال امتصاص الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، ومنها بخار الماء H_2O، ثاني أكسيد الكربون CO_2، غاز الميثان CH_4، غاز الأوزون O_3، لطاقـة الشمس وحبسها بالقـرب من الأرض، ممّا يساهـم في ارتفـاع حرارة الأرض (سامي الطيب، 2023).

هذا التغير في المناخ يتم تعريفه، على أنه تغيير طويل الأجل وجذري، في التوزيع الإحصائي لأنماط الطقس على مدار فترات تتراوح من عقود إلى مئات الآلاف من السنين. فقد تم إنشاء مفهوم المناخ في اليونان القديمة في سياق جغرافي، بينما اكتسب محتوى إحصائيًا (متوسط الطقس) في العصر الحديث بعد أن أصبحت قياسات الأرصاد الجوية متاحة (Khezzani، 2021).

2- أسباب الاحتباس الحراري

يحدث تغير المناخ و GW بسبب تفاعل العوامل الخارجية والداخلية التي تم الكشف عنها والتحقق منها على مدار قرن؛ ويشمل الاختلافات المجرة، والتغيرات المدارية، وتغير النشاط الشمسي، والتكيفات الصفيحة، والنشاط البركاني، والتغيرات في التركيب في الغلاف الجوي. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تفرض الأنشطة البشرية التي ظهرت وتطورت بوتيرة متسارعة لأن الثورة الصناعية يمكن أن تفرض إجبارها عن طريق تغيير تكوين الغلاف الجوي (Khezzani، 2021). وفيما يلي الأسباب الرئيسية للاحتباس الحراري:

2-1- أسباب طبيعية

تؤثر العمليات الطبيعية دائما على مناخ الأرض، ويمكن أن تفسر هذه التأثيرات في التغيرات المناخية قبل الثورة الصناعية في أواخر القرن السابع عشر. ومن بين هذه الاسباب نذكر:

2-1-1- التغيرات في مدار الارض ودورانها

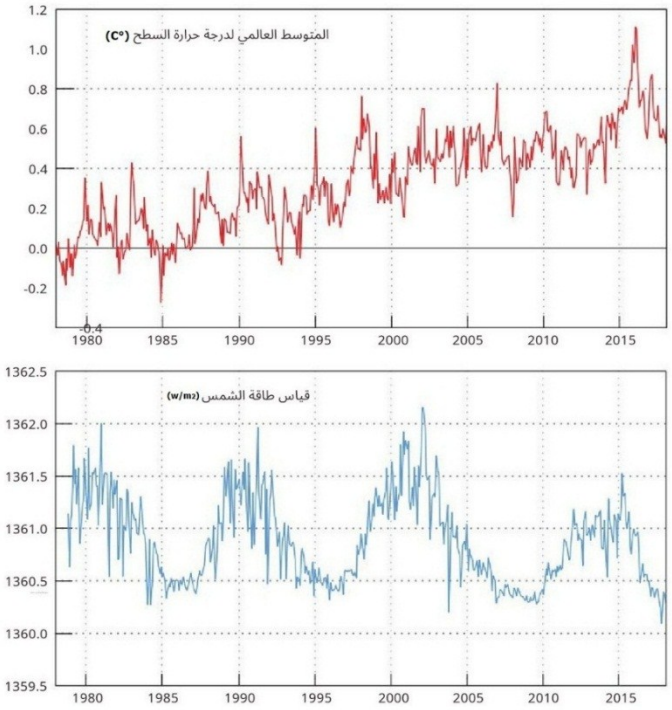
كان للتغيرات في مدار الأرض ومحور دورانها تأثير كبير على المناخ في الماضي. على سبيل المثال، يبدو أن كمية أشعة الشمس الصيفية في نصف الكرة الشمالي، والتي تتأثر بالتغيرات في مدار الكوكب، هي السبب الرئيسي للدورات الماضية من العصور الجليدية، والتي شهدت فيها الأرض فترات طويلة من درجات الحرارة الباردة (العصور الجليدية)، بالإضافة إلى فترات أقصر بين العصور الجليدية (الفترات بين العصور الجليدية) ذات درجات حرارة أكثر دفئًا نسبيًا. وفي أبرد جزء من الفترة الجليدية الأخيرة (أو العصر الجليدي)، كان متوسط درجة الحرارة العالمية أبرد بنحو 11 درجة فهرنهايت مما هو عليه اليوم. ولكن في ذروة الفترة بين الجليدية الأخيرة، كان متوسط درجة الحرارة العالمية أكثر دفئا بمقدار درجتين فهرنهايت على الأكثر مما هو عليه اليوم (E.P.A، 2024).

2-1-2- التغيرات في النشاط الشمسي

يمكن للتغيرات في سطوع الشمس أن تؤثر على المناخ من عقد إلى عقد، ولكن الزيادة في إنتاج الطاقة الشمسية لا تكفي كتفسير لظاهرة الاحتباس الحراري الأخيرة. تقوم أقمار ناسا الصناعية بقياس إنتاج الشمس منذ عام 1978. ويختلف إجمالي الطاقة التي تشعها الشمس على مدار 11 عامًا. خلال فترة الحد الأقصى للطاقة الشمسية، تكون الطاقة الشمسية أعلى بحوالي 0.1 بالمائة في المتوسط مما هي عليه خلال الحد الأدنى للطاقة الشمسية. حيث تتبع الشمس دورة طبيعية مدتها 11 عامًا من الارتفاعات والانخفاضات الصغيرة في الشدة (الرسم البياني السفلي من الشكل 1-1)، لكن التأثير على الأرض صغير. وخلال الفترة

نفسها، ارتفع متوسط درجة الحرارة العالمية بشكل ملحوظ. حيث تظهر كل دورة اختلافات طفيفة في الشدة والمدة. اعتبارًا من أوائل عام 2010، كان سطوع الشمس منذ عام 2005 أقل قليلاً، وليس أعلى، مما كان عليه خلال الحد الأدنى السابق للنشاط الشمسي البالغ 11 عامًا، والذي حدث في أواخر التسعينيات. وهذا يعني أن تأثير الشمس بين عامي 2005 و2010 ربما كان سببًا في تقليل الاحترار الذي كانت ستسببه انبعاثات الغازات الدفيئة وحدها بشكل طفيف (Holli، 2010).

حيث يمكن أن تؤثر التغيرات في إنتاج طاقة الشمس على شدة ضوء الشمس الذي يصل إلى سطح الأرض. وفي حين أن هذه التغيرات يمكن أن تؤثر على مناخ الأرض، إلا أن التغيرات الشمسية لم تلعب سوى دور ضئيل في التغيرات المناخية التي لوحظت في العقود الأخيرة. تقوم الأقمار الصناعية بقياس كمية الطاقة التي تتلقاها الأرض من الشمس منذ عام 1978. ولا تظهر هذه القياسات أي زيادة صافية في إنتاج الشمس، حتى مع ارتفاع درجات حرارة السطح العالمية (E.P.A، 2024).



الوثيقة 1-1: منحنيان بيانيان للمتوسط العالمي لدرجة حرارة سطح الأرض والطاقة المنبعثة من الشمس ما بين سنتي 1980-2015

المصدر: الأكاديمية الوطنية للعلوم، E.P.A، 2020

2-1-3- التغيرات في انعكاسية الأرض

تعتمد كمية ضوء الشمس التي يمتصها الكوكب أو يعكسها على سطح الأرض والغلاف الجوي. تميل الأجسام والأسطح المظلمة، مثل المحيطات والغابات والتربة، إلى امتصاص المزيد من ضوء الشمس. تميل الأجسام والأسطح ذات الألوان الفاتحة، مثل الثلج والسحب، إلى عكس ضوء الشمس. يتم امتصاص حوالي

70% من ضوء الشمس الذي يصل إلى الأرض. لقد ساهمت التغيرات الطبيعية في سطح الأرض، مثل ذوبان الجليد البحري، في تغير المناخ في الماضي، وغالبًا ما كانت بمثابة ردود فعل على عمليات أخرى (E.P.A، 2024). حيث تعمل الشمس كمصدر الطاقة الأساسي لمناخ الأرض. ينعكس بعض ضوء الشمس الوارد مباشرة إلى الفضاء. خاصة عن طريق الأسطح الساطعة مثل الجليد والسحب، ويمتص السطح والغلاف الجوي الباقي، يتم إعادة انبعاث جزء كبير من هذه الطاقة الشمسية الممتصة على شكل حرارة (الإشعاع طويل الموجة أو الأشعة تحت الحمراء)، ويمتص الغلاف الجوي بدوره الحرارة ويعيد إشعاعها، ويهرب بعضها إلى الفضاء، وأي اضطراب في هذا التوازن بين الطاقة الواردة والصادرة سيؤثر على المناخ. فإذا مرت كل الطاقة الحرارية المنبعثة من السطح عبر الغلاف الجوي مباشرة إلى الفضاء، فإن متوسط درجة حرارة سطح الأرض سيكون أبرد بعشرات الدرجات عما هو عليه اليوم. فتعمل الغازات الدفيئة الموجودة في الغلاف الجوي، بما في ذلك H_2O وCO_2 وCH_4 و N_2O.. على جعل السطح أكثر دفء من هذا، لأنها تمتص وتطلق الطاقة الحرارية في جميع الاتجاهات (بما في ذلك إلى الأسفل)، مما يحافظ على دفء سطح الأرض والغلاف الجوي السفلي (الشكل 1-2)، وبدون ظاهرة الاحتباس الحراري هذه، لم تكن الحياة كما نعرفها قد تطورت على كوكبنا. إلا أن إضافة المزيد من الغازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي يجعلها أكثر فعالية في منع الحرارة من الهروب إلى الفضاء، وعندما تكون الطاقة الخارجة أقل من الطاقة الداخلة، ترتفع درجة حرارة الأرض حتى يتم إنشاء توازن جديد (E.P.A، 2024).

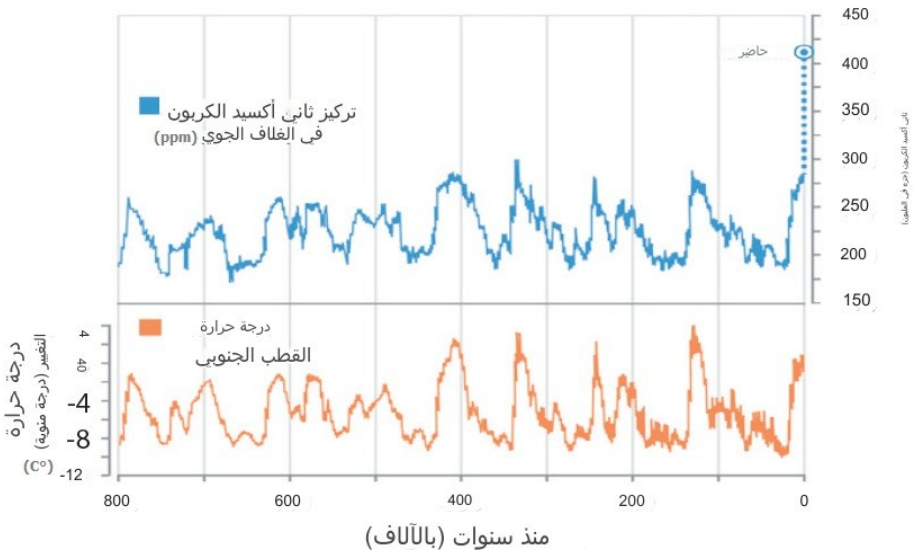
الوثيقة 1-2: رسم تخطيطي يوضح تأثير الغازات الدفيئة على الطاقة الشمسية الواقعة على كوكب الارض

المصدر: الأكاديمية الوطنية للعلوم، .N.A.P، 2020

2-1-4- التغيرات في تركيزات CO_2 الموجودة بشكل طبيعي

على مدى مئات الآلاف من السنين الماضية، تباينت مستويات CO_2 جنبًا إلى جنب مع الدورات الجليدية. خلال الفترات بين الجليدية الدافئة، كانت مستويات CO_2 أعلى، أما خلال الفترات الجليدية الباردة،

كانت مستويات CO_2 أقل. إن تسخين أو تبريد سطح الأرض والمحيطات يمكن أن يسبب تغيرات في المصادر الطبيعية ومصارف هذه الغازات، وبالتالي تغيير تركيزات الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي. وكانت هذه التركيزات المتغيرة بمثابة ردود فعل مناخية إيجابية، مما أدى إلى تضخيم التغيرات في درجات الحرارة الناجمة عن التحولات طويلة المدى في مدار الأرض (E.P.A، 2024).



الوثيقة 1-3: منحنيان بيانيان لتغيرات تراكيز CO_2 في الغلاف الجوي ودرجات الحرارة في القطب الجنوبي على مدار 800 سنة

المصدر: الأكاديمية الوطنية للعلوم، .N.A.P، 2020

2-1-5- التغيرات في المناخ

تؤدي الرياح الشمسية بمساعدة المجال المغناطيسي للشمس للحد من كمية الأشعة الكونية التي تخترق الغلاف الجوي للأرض، وهذا النشاط الشمسي يسبب نقصا في السحب، وبالتالي ارتفاع درجة حرارة سطح الارض (رافد، 2011).

الوثيقة 1-4: رسم تخطيطي لاصطدام الرياح الشمسية بكوكب الارض

المصدر: مجلة البحوث الجغرافية، العدد 13، 2011

2-1-6- النشاط البركاني

منذ الماضي البعيد، وعلى مدى ملايين السنين أدى النشاط البركاني دورا ملحوظا في تغير المناخ، بزيادة الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي للأرض، مما ساهم في حدوث نوبات الاحتباس الحراري. حيث أطلقت الانفجارات البركانية كميات كبيرة من CO_2. وتستمر البراكين النشطة في جميع أنحاء العالم حاليا، في إطلاق CO_2 كما كانت تفعل في الماضي، ففي المتوسط تنبعث من البراكين ما بين 130 و230 مليون طن من CO_2 سنويا. إلا أنها كمية صغيرة للغاية مقارنة بالانبعاثات البشرية. بالمقابل عن طريق حرق الوقود الأحفوري، يطلق الناس أكثر ب 100 مرة، حوالي 26 مليار طن من CO_2 في الغلاف الجوي كل عام اعتبارا من عام 2005. ونتيجة لذلك، يلقي النشاط البشري بظلاله على أي مساهمة قد تقدمها البراكين في ظاهرة الاحتباس الحراري (Holli، 2010).

2-2- الأسباب البشرية

وهي التأثيرات الناتجة عن الأنشطة البشرية، والتي غيرت في النظام المناخي على مدى العقود الأخيرة، والتي أدت إلى ارتفاع متوسط درجات الحرارة العالمية السنوية، مسببة قلقا عالميا. ونذكر من هذه التأثيرات البشرية:

2-2-1- توليد الطاقة

إن حرق الانسان للوقود الاحفوري من أجل إنتاج الطاقة، التي يعتمد عليها أسلوب الحياة الجديدة، ينتج ملايين الأطنان من الغازات الدفيئة، حيث أدت هذه العملية إلى رفع مستوى الغازات الدفيئة في الجو، مثلCO_2، CH_4 وN_2O.. إذ أنه منذ بداية الثورة الصناعية أصبح استهلاك الطاقة الناتج عن حرق الوقود الاحفوري متزايد جدا، مما يؤدي إلى تراكم الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، والذي يؤدي إلى حبس الحرارة في الغلاف الجوي، ومنه ارتفاع في نسبة الاحترار العالمي (فراح، 2022).

2-2-2- تصنيع الاسمنت

أثبتت الخرسانة الاسمنتية أنها شبه مثالية كمادة بناء على مدى آلاف السنوات القليلة الماضية وهي متواجدة في كل مكان تقريبًا داخل بيئتنا التي صنعها الإنسان – من البانثيون في روما إلى أطول ناطحات السحاب في العالم –. وكونها مستخدمة أكثر من أي مادة أخرى على الأرض باستثناء الماء، فإن البصمة المادية للخرسانة ضخمة. ولكن لسوء الحظ، يمكن قول الشيء نفسه عن بصمتها المناخية. الجاني هو الأسمنت، الذي يشكل المكون الرئيسي في الخرسانة المستخدمة لربط الرمل والحصى. نظرًا للحرارة العالية

المطلوبة والتفاعلات الكيميائية التي تتضمنها عملية تصنيعه، يولد إنتاج الأسمنت حوالي 4 مليارات طن متري من ثاني أكسيد الكربون سنويًا – ما يقارب الـ 8٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية. إذا كان إنتاج الأسمنت بلدًا، فسيحتل المركز الثالث في قائمة أكثر البلدان المنتجة للانبعاثات، بعد الصين والولايات المتحدة فقط (منظمة الأمم المتحدة، 2022).

2-2-3- قطع الغابات

يؤدي قطع الغابات لإنشاء مزارع أو مراعي، أو لأسباب أخرى، أين تقوم الشركات بقطع الاشجار في غابات الأمازون من أجل استخدام الخشب في صناعة منتوجاتها. إلى زيادة انبعاث CO_2، لأن الأشجار عندما يتم قطعها، تطلق الكربون الذي كانت تخزنه، نظرا لأن الغابات تمتص CO_2، فإن تدميرها يحد أيضا من قدرة الطبيعة على إبعاد الانبعاثات عن الغلاف الجوي. إن إزالة الغابات، إلى جانب الزارعة وغيرها من التغيرات في استخدام الأراضي، مسؤولة عما يقرب من ربع انبعاثات الغازات الدفيئة العالمية. كما يعتقد الباحثون أن 40% من CO_2 نتج عن حرق الغابات خلال فترة 150 عام الماضية فقط. إلا أن هذه النسبة صغيرة بالمقارنة مع ما لا يزال مخزننا في الغابات وحدها، كالغابات الشمالية في كندا وروسيا التي تحتفظ بـ 50 % من مخزون العالم من الكربون (فراح، 2022).

2-2-4- الأنشطة الزراعية وتربية الحيوانات

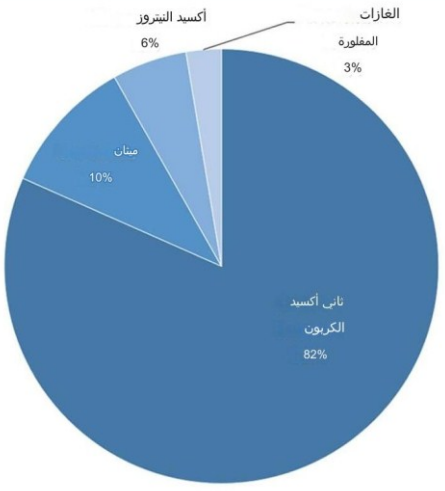
يمكن للأنشطة الزراعية أن تساهم في تغير المناخ بعدة طرق، منها إطلاق الغازات الدفيئة، مثل CO_2 وCH_4 وN_2O خلال الممارسات الزراعية المختلفة. على سبيل المثال، يمكن أن يؤدي استخدام الأسمدة النيتروجينية إلى انبعاث N_2O، وهو أحد الغازات الدفيئة القوية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لبعض الممارسات الزراعية، مثل زراعة الأرز وتربية الماشية، أن تنتج كميات كبيرة من غاز CH_4. حيث تنتج الماشية غاز CH4 أثناء عملية الهضم وتحلل مخلفاتها. كما يمكن للتغيرات في استخدام الأراضي لأغراض الزراعة أن تؤثر أيضا على تغير المناخ. إن تحويل الغابات أو الأراضي العشبية إلى أراضٍ زراعية، يقلل من قدرة هذه النظم البيئية على امتصاص CO_2، من خلال عملية التمثيل الضوئي، مما يؤدي إلى زيادة مستويات CO_2 في الغلاف الجوي. ومن الملاحظ أنه ليست كل الأنشطة الزراعية تساهم سلبا في تغير المناخ. فيمكن للممارسات الزراعية المستدامة، مثل الزراعة العضوية والزراعة الدقيقة، أن تساعد في التخفيف من تغير المناخ عن طريق الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة وتعزيز حفظ الكربون (سليم علي، 2024).

2-2-5- سلوكيات البشر

يزداد عدد سكان العالم يوما بعد يوم، ويصاحب هذه الزيادة زيادة في الاحتياجات والمتطلبات اليومية للحياة. حيث أن المنزل واستخدام الطاقة وكيف يتحرك وما يأكله ومقدار ما يرميه من القمامة.. كل هذه السلوكيات تساهم في انبعاثات غازات GW، حيث أن الزيادة في المتطلبات ترافقها زيادة في عدد المصانع والعمليات الصناعية المرافقة لها. إن أنماط حيانا اليومية لها تأثير عميق على كوكبنا. ويتحمل كل شخص المسؤولية من خلال نمط حياته وما يستهلكه وما ينتجه من طاقة (منظمة الأمم المتحدة، 2018).

3- الغازات الدفيئة

الغازات الدفيئة هي غازات الغلاف الجوي التي تمتص الحرارة، ثم تعيد إشعاع الحرارة. تخلق عملية الامتصاص المستمر والإشعاع دورة تحتفظ من خلالها بالحرارة في الغلاف الجوي، وتسمى هذه الدورة تأثير الاحتباس الحراري، حيث تعتبر الغازات الدفيئة ضرورية للحفاظ على كوكبنا في درجة حرارة مناسبة للحياة، وبدون ظاهرة الاحتباس الحراري الطبيعية، فإن الحرارة المنبعثة من الأرض سوف تنتقل ببساطة من سطح الأرض إلى الفضاء، وسيكون متوسط درجة حرارة الأرض حوالي -20 درجة مئوية. إلا أنه أدت الأنشطة البشرية إلى زيادة مستويات الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، مما أدى إلى تعزيز تأثير الدفيئة. ويتسبب تأثير الاحتباس الحراري المعزز في اتجاه الاحترار العالمي، الذي يعطل النظم الإيكولوجية في جميع أنحاء العالم. وتشمل الغازات الدفيئة بالترتيب التنازلي، الغازات التي تساهم بشكل أكبر في ظاهرة الاحتباس الحراري للأرض هي بخار المـــاء، ثاني أكسيد الكربـــون، أكسيد النيتروجيـــن، الميثـان، غـــاز الأوزون.. (Nunez، 2019).



الوثيقة 1-5: دائرة نسبية لنسب انبعاثات الغازات الدفيئة البشرية المنشأ على مستوى العالم في عام 2017

المصدر: وكالة حماية البيئة، E.P.A، 2017

3-1- بخار الماء H_2O

بخار الماء هو أكثر غازات الدفيئة شيوعا، وهو الغاز الذي له أكبر تأثير عام على الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي. بسبب تأثير التدفئة المعزز، حيث تزداد مستويات بخار الماء في الغلاف الجوي بسبب حلقة التغذية المرتدة الإيجابية. تتسبب الظروف الأكثر دفئا في زيادة تبخر الماء، حيث يكون الجو الأكثر دفئا قادرا على الاحتفاظ بكميات أكبر من بخار الماء. لذلك تتسبب الانبعاثات البشرية في زيادة الاحترار العالمي، فإن زيادة مستويات بخار الماء هي تأثير ثانوي. حيث تزيد من عملية الاحترار إذ تحبس مستويات بخار الماء المرتفعة المزيد من الحرارة، مما يخلق حلقة التغذية المرتدة (Nunez، 2019).

3-2- ثاني أكسيد الكربون CO_2

انبعاثات CO_2 البشرية هي السبب الوحيد الأكثر أهمية للاحترار العالمي. يأتي ما يقرب من ثلثي CO_2 الذي يسببه الإنسان من حرق الوقود الأحفوري، مع ثلث إضافي ناتج عن إزالة الغابات. يتم تخزين الكربون في المواد النباتية، مثل الأشجار والنباتات داخل الغابات. يتم إنشاء الوقود الأحفوري في الغالب عن طريق التحلل اللاهوائي للمواد النباتية المدفونة عادة على مدار ملايين السنين. عندما يتم حرق الوقود الأحفوري، وتدمير الغابات، يتم إطلاق الكربون المخزن في الغلاف الجوي كثاني أكسيد الكربون. اعتبارا من عام 2011، كانت مستويات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي أعلى من المعتاد بنسبة 35% تقريبا، وهي آخذة في الارتفاع (Nunez، 2019).

3-3- أكسيد النيتروجين N_2O

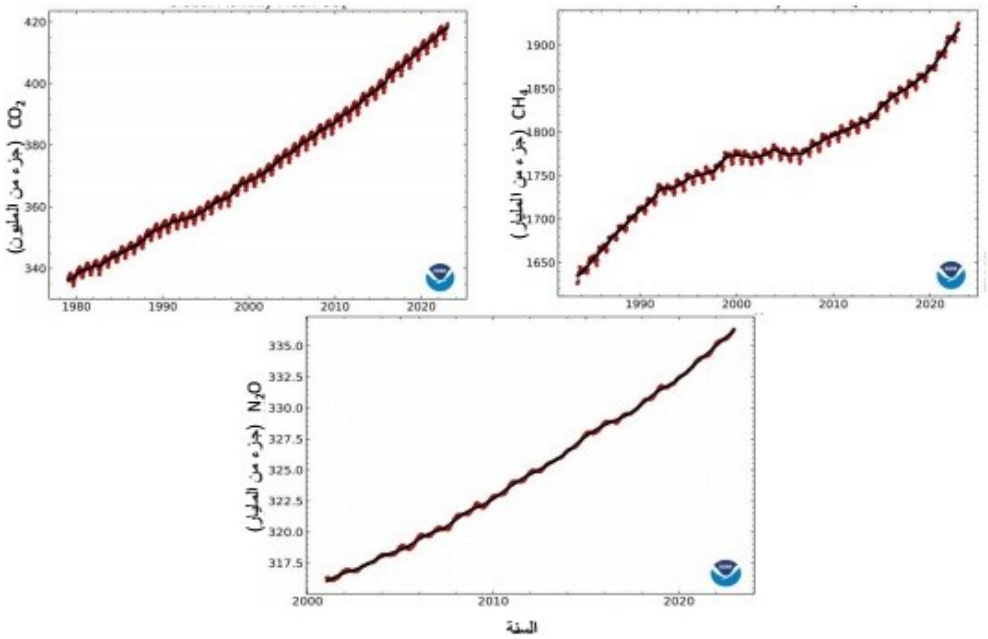
يوجد N_2O بتراكيز صغيرة في الغلاف الجوي، ولكنه غاز دفيئة فعال للغاية، حيث يحبس الحرارة ما يقرب من 300 مرة مثل CO_2. يتم إنتاج انبعاثات N_2O البشرية بشكل رئيسي من قبل القطاع الزراعي. عندما تشق الأسمدة الغنية بالنيتروجين طريقها إلى طبقات المياه الجوفية والأنهار، فإنها تتحلل لإنتاج النيتروجين الجوي، مع N_2O كمنتج ثانوي. تمثل انبعاثات N_2O التي يسببها الإنسان ما بين 6% و10% من تأثير الاحتباس الحراري المعزز (Nunez، 2019).

3-4- الميثان CH_4

الميثان المكون الرئيسي للغاز الطبيعي، ويعرف أيضا بغاز المستنقعات وهو ثاني غاز بعد CO_2 من ناحية الأهمية في غازات الاحتباس الحراري، ويتواجد بنسبة 18% من مجموع الغازات. تحدث انبعاثات CH_4 أثناء حفر الغاز الطبيعي وتعدين الفحم والعمليات الصناعية الأخرى، وتنتج أيضا من الأجهزة

الهضمية للماشية حوالي 35% من انبعاثات CH_4، كما أن عمليات حرق الفحم والغاز الطبيعي والبترول من طرف الإنسان ستزيد من نسبته في الغلاف الجوي وينتج أيضا بواسطة البكتيريا من الأوساط اللاهوائية في التربة الرطبة وفي حقول الأرز ومقالب القمامة.

إن كمية الانبعاثات لـ CH_4 تتراوح بين (163.5–177.4) طن بين عامي (1941–1951) واستمرت نسبته في الزيادة حتى اصبحت بين (186.1–247) طن بين عامي (1952–1965) إلى أن وصلت نسبته إلى (304.4–371) طن بين عامي (1976–1994) (الصائغ، 2011).



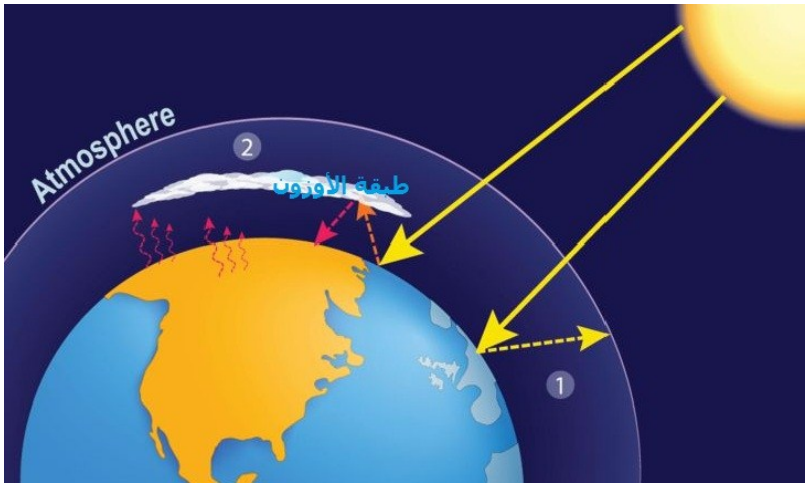
الوثيقة 1–6: منحنيات بيانية توضح تزايد تركيز CO_2 وN_2O وCH_4 في الهواء الجوي خلال 40 سنة الأخيرة

المصدر: المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، W.M.O، 2021

3–5– غاز الأوزون O_3

وهو غاز يتكون من ثلاث ذرات أكسجين، تركيبته الجزئية (O_3)، وهو غاز شفاف يميل للزرقة. يكوّن هذا الغاز طبقة تدعى طبقة الأوزون، يتواجد في طبقتي الجو السفلى التروبوسفير (أدنى طبقة من الغلاف الجوي للأرض) بنسبة 10%، وفي طبقة الجو العليا الستراتوسفير (الطبقة التالية من طبقة التروبوسفير) بنسبة 90%. تعمل طبقة الاوزون على حماية الارض من اشعاعات الشمس الضارة حيث تعكس الأشعة الفوق بنفسجية الضارة. ويعتبر الاوزون من الغازات الدفيئة، حيث له دور مهم في تغير المناخ وتسخين الأرض عن طريق إضعافه لأحد آليات تبريد حرارة الأرض، وأن التغيرات في مستويات O_3 في الغلاف الجوي العلوي والسفلي، كانت مسؤولة عما يقرب من ثلث الاحترار الذي شوهد في مياه المحيطات المتاخمة للقارة القطبية الجنوبية، في النصف الثاني من القرن العشرين. ففي طبقة التروبوسفير زاد O_3، وهو يعمل

كغازات دفيئة، حيث يحبس الإشعاع طويل الموجة، وبالتالي يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض، وفي المقابل أيضا نجد أن انخفاضا في مستوى الأوزون قد حصل في الستراتوسفير، لأنه في هذه الطبقة يعمل على وقاية الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الواصلة من الشمس. وإن كلا من هذه التغيرات في مستويات O_3 في طبقتي الغلاف الجوي العليا والسفلى، قد أدت إلى إضعاف آلية التبريد الطبيعي للمحيط الجنوبي، وبالتالي أسهمت في ارتفاع درجة حرارة الكوكب، فالمحيط الجنوبي يسهم في دوران المحيطات، ويعمل على نقل الحرارة من خط الاستواء إلى القطبين، مما يتسبب في التبريد العالمي لكوكبنا. ويمتص المحيط الحرارة الزائدة من نظام الأرض، ويعمل على موازنة الحرارة الزائدة من ارتفاع درجات الحرارة العالمية. ومع ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض بسبب زيادة غازات الدفيئة، يمتص الماء في المحيط الطاقة (الحرارة) ويوزعها بشكل متساو عبر الكوكب (Wei Liu، 2022).



الوثيقة 1-7: رسم تخطيطي حول تأثير التغيرات في مستويات O_3 وإضعاف آلية التبريد الطبيعي للمحيط الجنوبي

المصدر: مجلة البحوث الجغرافية، العدد 13، 2022

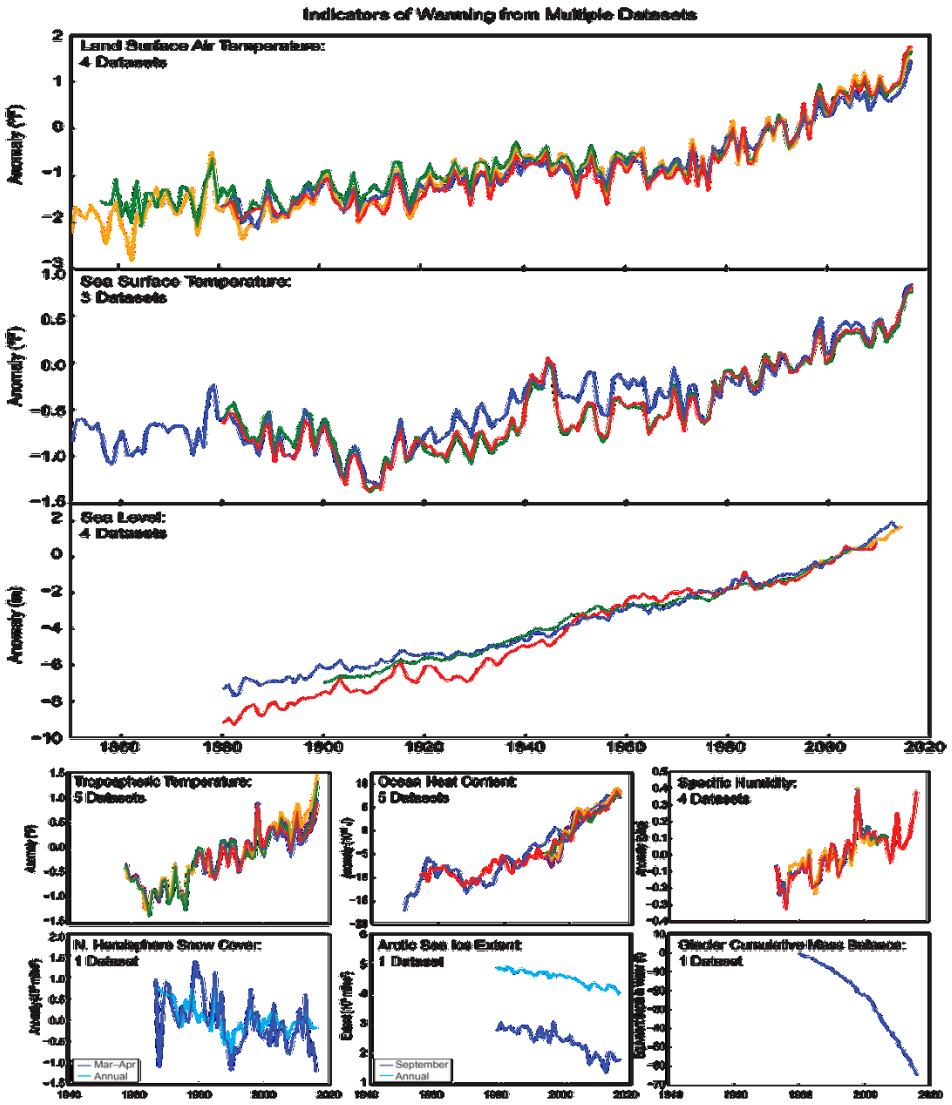
3-6- مركبات الكلوروفلوروكربون CFCs

يوجد العديد من مركبات الكلوروفلوروكربون CFCs وهي من مشتقات المركبات هالوجينية، ذات الوزن الجزئي الصغير تتميز أغلب هذه الغازات بدرجة حرارة تميع منخفضة حيث تتميع بسهولة في درجة حرارة العادية. لذا فهي تستعمل بكثرة في أجهزة التبريد وكمواد دافعه في عبوة الايروسول التي تحمل بعض المبيدات والعطور، أو بعض مواد التنظيف، والإفراط في استعمالها يؤدي إلى زيادة انتشارها، تنتج هذه المركبات أيضا من حرق غير كامل لنفايات المنزلية، كل هذه الانشطة تساهم في رفع تركيز CFCs في الجو وبالتالي تلويث الجو. حيث تحمل التيارات الصاعدة هذه المركبات إلى طبقات الجو العليا، إذ وجد تركيز معتبر لهذه المركبات على ارتفاع 18 كلم من سطح الأرض عند خط الاستواء، وعلى ارتفاع 7 كلم

فوق المناطق القطبية. وتقدر كمية CFCs التي تنطلق كل عام في الجو بحوالي مليون طن وتساهم هذه النسبة في رفع درجة حرارة الجو (الصائغ، 2011).

4- مؤشرات حدوث الاحتباس الحراري

إن الأنواع المتنوعة للغاية من القياسات المباشرة التي تم إجراؤها على الأرض والبحر وفي الغلاف الجوي، على مدى عقود عديدة سمحت للعلماء بالاستنتاج بثقة عالية، بأن متوسط درجة الحرارة العالمية آخذ في الارتفاع. تدعم مجموعات البيانات الرصدية للعديد من متغيرات المناخ الأخرى الاستنتاج بثقة عالية بأن المناخ العالمي يتغير، ويصور (الوثيقة 1-8) العديد من مؤشرات الرصد التي توضح الاتجاهات المتسقة مع ارتفاع درجة حرارة الكوكب خلال القرن الماضي. ارتفعت درجات الحرارة في الغلاف الجوي السفلي والمحيطات، وكذلك الرطوبة القريبة من السطح ومستوى سطح البحر. ولم يقتصر الأمر على زيادة المحتوى الحراري للمحيطات بشكل كبير، بل إن أكثر من 90% من الطاقة المكتسبة في نظام المحيط والغلاف الجوي المشترك على مدى العقود الأخيرة ذهبت إلى المحيط، حيث تُظهر خمس مجموعات بيانات رصدية مختلفة أن المحتوى الحراري للمحيطات يتزايد. وتخبرنا الفيزياء الأساسية أن الغلاف الجوي الأكثر دفئًا يمكن أن يحمل المزيد من بخار الماء؛ وهذا بالضبط ما يتم قياسه من بيانات الأقمار الصناعية. وفي الوقت نفسه، يعني ارتفاع درجة حرارة العالم معدلات تبخر أعلى وتغيرات كبيرة في الدورة الهيدرولوجية، بما في ذلك زيادة في انتشار الأمطار الغزيرة. بالإضافة إلى ذلك، انخفض الجليد البحري في القطب الشمالي، والأنهار الجليدية الجبلية، والغطاء الثلجي الربيعي في نصف الكرة الشمالي. يبدو أن أفضل تفسير للزيادة الصغيرة نسبيًا في الجليد البحري في القطب الجنوبي خلال فترة 15 عامًا من عام 2000 حتى أوائل عام 2016 هو أنها ترجع إلى التقلبات الطبيعية المحلية، ورغم أن الحد الأدنى للجليد البحري في القطب الجنوبي لعام 2017، والذي تم التوصل إليه في أوائل مارس، ربما يرتبط أيضًا بالتقلبات الطبيعية، فقد كان أدنى مستوى تم قياسه منذ بدء السجلات الموثوقة في عام 1979. وتفقد الغالبية العظمى من الأنهار الجليدية في العالم كتلتها بمعدلات كبيرة. إن أكبر صفيحتين جليديتين على كوكبنا – على كتل اليابسة في جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية – آخذة في التقلص. كما تم تحديد العديد من المؤشرات الأخرى لتغير المناخ من خلال ملاحظات أخرى كما هو الحال مع درجة الحرارة، والتي قام باحثون مستقلون بتحليل كل من هذه المؤشرات وتوصلوا إلى نفس النتيجة، بأن كل هذه التغييرات ترسم صورة متسقة ومقنعة لكوكب يزداد حرارة (USGCRP، 2017).



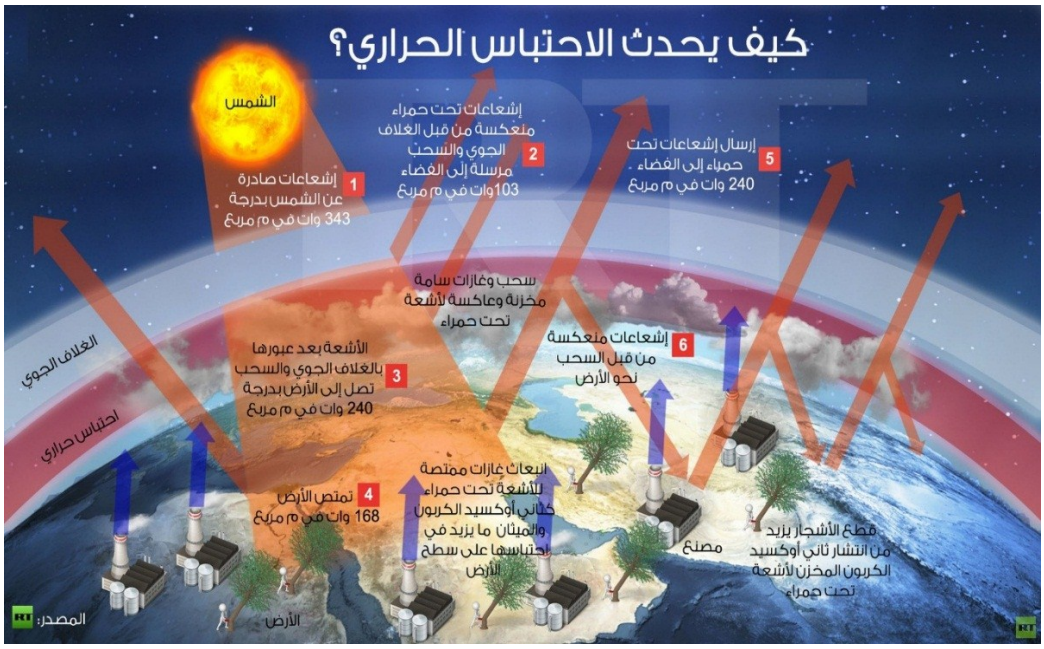
الوثيقة 1-8: منحنيات بيانية لتسعة متغيرات عالمية مختلفة تمثل مؤشرات رئيسية لارتفاع درجة حرارة المناخ

المصدر: البرنامج الأمريكي لأبحاث التغير العالمي، U.S.G.C.R.P، 2017

5- آلية حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري

يبدأ الاحترار العالمي عندما تخترق أشعة الشمس الغلاف الجوي وتصل إلى سطح الأرض، ثم ترسل 30% من هذه الأشعة إلى الفضاء الخارجي، بينما يتم امتصاص الباقي بواسطة المحيطات وأسطح الأرض وجزيئات الهواء، وبالتالي يؤدي هذا إلى تسخين سطح الأرض والغلاف الجوي، مما يجعل الحياة ممكنة على سطح الأرض. كما أنه تزداد درجة حرارتها وتشع هذه الطاقة الشمسية بحرارة الإشعاع والأشعة تحت الحمراء، وتنتشر مباشرة إلى الفضاء الخارجي وبالتالي تبريد الأرض. ومع ذلك فإن بعض هذه الاشعة يتم إعادة امتصاصها بواسطة غازات الجو، غاز ثاني أكسيد الكربون والاوزون والمثان وابخرة الماء وغازت أخرى وتنعكس مرة أخرى إلى سطح الارض تعرف هذه الغازات باسم الغازات الدفيئة بسبب قدرتها على

الاحتباس الحراري، وتجدر الاشارة إلى أن عملية إعادة الامتصاص هذه في الواقع ضرورية، لأنه بدونها سيكون متوسط درجة حرارة سطح الارض باردا جدا، إذا لم يكن هناك وجود للغازات الدفيئة. إلا أن المشكلة بدأت عندما تم زيادة تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي بشكل مصطنع من قبل الإنسان بمعدل ينذر بالخطر منذ القرنين الماضيين (Shahzad، 2015).



الوثيقة 1-9: رسم تخطيطي يوضح كيفية حدوث الاحتباس الحراري

6- الآثار السلبية للاحتباس الحراري

يشكل GW التهديد الأكبر للحياة على كوكب الأرض، فمعظم الكائنات الحية لا تستطيع التعايش مع ارتفاع درجة الحرارة الذي يدفعها إلى تغيير مسكنها، أو يسبب له نقص الغذاء أو الجفاف وغيره من الأخطار المهددة لحياتها، ولذلك من المتوقع أن ينقرض ثلث أنواع الحيوانات والنباتات المعروفة بحلول عام 2050 مع استمرار ظاهرة GW، مما قد يؤدي إلى هلاك الأرض (سامي الطيب، 2023).

6-1- الآثار السلبية للاحتباس الحراري على كوكب الأرض

لعل أبرز الآثار المترتبة على ظاهرة GW والتي تضر بالكرة الأرضية وتضعف فرص العيش الآمن فيها وتؤثر تأثيرا كبيراً على البيئة والمناخ والكائنات الحية تتمثل في الآتي:

6-1-1- التأثير على التنوع الحيوي البيئي

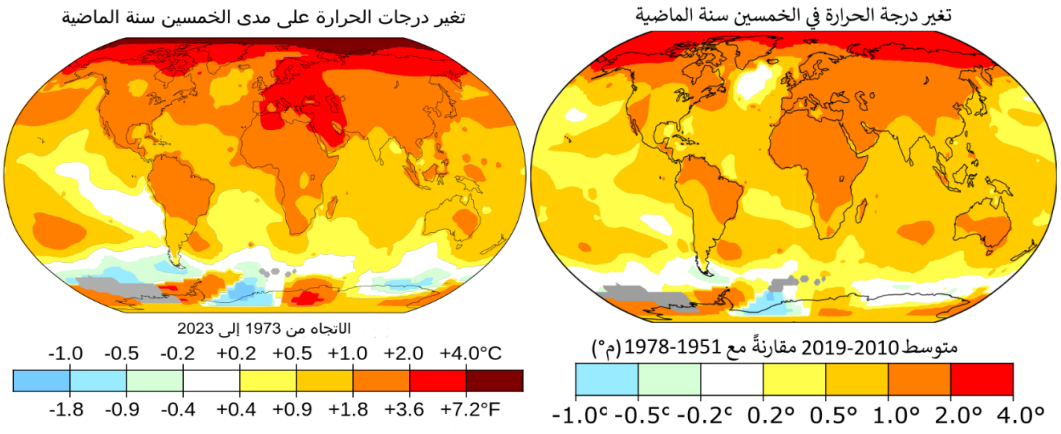
يؤثر GW على النظُم البيئية وعلى التنوع الحيوي للنباتات والحيوانات وأشكال الحياة الأخرى فالكائنات الحية تحدد نطاقاتها الجغرافية من خلال التكيف مع بيئتها بما في ذلك أنماط المناخ طويلة الأجل، والتغيرات المناخية المفاجئة الناجمة عن GW يمكن أن تقل ص موائل الكائنات الحية، وقد غيرت بعض النباتات

والحيوانات نطاقاتها الجغرافية استجابة لارتفاع درجات الحرارة بالفعل، فعلى سبيل المثال وجد علماء الأحياء أن أنواعاً معينة من الفراشات والطيور في نصف الكرة الشمالي هاجرت شمالا لتجنب هذا الارتفاع (عامر محمود، 2005).

كما أن للتغير المناخي أيضاً دور في التأثير على العمليات البيولوجية لبعض الكائنات، فمثلاً بدأت الأشجار تورق أو تُزهر في وقت أبكر من الربيع، وبدأت بعض الثدييات تنهي سباتها مبكراً. ويؤثر GW أيضاً على أنماط الهجرة الموسمية للطيور والأسماك والحيوانات الأخرى، ويهدد الذوبان المستمر للجليد البحري في القطب الشمالي الحيوانات التي تعتمد على الجليد البحري للصيد كالدببة القطبية، كل هذه التغيرات التي ذكرت ستؤدي إلى انقراض بعض النباتات والحيوانات مع مرور الوقت (صلاح الدين، 2008).

6-1-2- التأثير على درجة الحرارة

لا يكون ارتفاع درجة حرارة الأرض ثابت وبنفس الدرجة، فدرجة حرارة الهواء السطحي فوق اليابسة ترتفع بشكل أسرع من المحيطات، وبالتالي تكون أكبر زيادة في درجة حرارة السطح فوق القطب الشمالي. وسيؤدي ذلك لذوبان الثلوج والجليد في البر والبحر، وانخفاض مساحة الأسطح المغطاة بالثلوج والجليد، مما يزيد من الاحتباس وارتفاع درجة حرارة القطب الشمالي بنسبة الضعفين أسرع من بقية أنحاء كوكب الأرض. فتؤثر زيادة درجة الحرارة على بعض المسائل المتعلقة بصحة الإنسان، على استيطان بعض الأمراض ونقل العدوى. فعلى سبيل المثال تبلغ درجة الحرارة المثالية للبعوض الحامل للملاريا من 15 إلى 30 درجة مئوية. وتمارس درجة الحرارة تأثيرات متنوعة على معدلات بقاء وتكاثر البعوض. فإذا كانت درجة الحرارة الأولية مرتفعة، فإن ارتفاع درجة الحرارة المتوسطة مصاحباً لظاهرة GW العالمي يمكن أن يقلل من معدل بقاء وتكاثر البعوض (سامي الطيب، 2023).



الوثيقة 1-10: رسم تخطيطي يوضح مقارنة بين متوسطي درجة الحرارة بين فترتي 2023 و1951

المصدر: ويكيبيديا، الاحتباس الحراري، 2024

6-1-3- التأثير على المياه وتغيير نمط هطول الامطار

إن زيادة سخونة المناخ، تؤدي الى تغير طبيعة سقوط الأمطار والتبخر والثلوج وتدفق ينابيع المياه والعناصر الأخرى التي تؤثر في وفرة المياه وجودتها على مستوى العالم. وتعدّ موارد الماه العذبة شديدة الحساسية تجاه التغيرات التي تطرأ على الطقس والمناخ، فالتغير المناخي من المتوقع أن يؤثر على توفر المياه. ففي المناطق التي تعتمد فيها كمية مياه الأنهار والجداول على ذوبان الثلوج، تؤدي زيادة درجات الحرارة إلى زيادة نسبة الترسبات الساقطة على هيئة أمطار، بدلاً من الثلج، مما يؤدي للوصول إلى الحد الأقصى السنوي الربيعي لسريان المياه بشكل مفرط في فترة مبكرة من العام. وهذا قد يؤدي إلى احتمالية حدوث فيضان شتوي وتقليل معدل تدفق المياه في الأنهار في الفترة المتأخرة من الصيف، كما يؤدي ارتفاع منسوب البحار إلى دخول المياه المالحة إلى المياه العذبة الجوفية وجداول المياه العذبة، وهذا يقلل كمية المياه العذبة المتوفرة للشرب والزراعة، وتؤثر أيضاً درجات المياه الأكثر حرارة على جودة المياه وتزيد من سرعة. وهناك عَلاقة مباشرة لل GW بالتغير في أنماط هطول الأمطار في جميع أنحاء العالم، فقد شهدت بعض المناطق زيادة في هطول الأمطار الغزيرة أكثر من المعتاد، كالمناطق القطبية وشبه القطبية، وانخفضت في مناطق خطوط العرض الوسطى. ومن المتوقع حدوث زيادة في هطول الأمطار بالقرب من خط الاستواء وانخفاض في المناطق شبه الاستوائية. هذه التغييرات في أنماط الهطول ستؤدي إلى زيادة فرص تغير الطقس في العديد من المناطق، فانخفاض هطول الأمطار في الصيف في أمريكا الشمالية وأوروبا وأفريقيا وزيادة معدلات التبخر بسبب ارتفاع درجات الحرارة، سيؤدي إلى الجفاف في بعض المناطق، بينما ستشهد بعض المناطق فيضانات كبيرة بسبب زيادة هطول الأمطار الغزيرة (سامي الطيب، 2023).

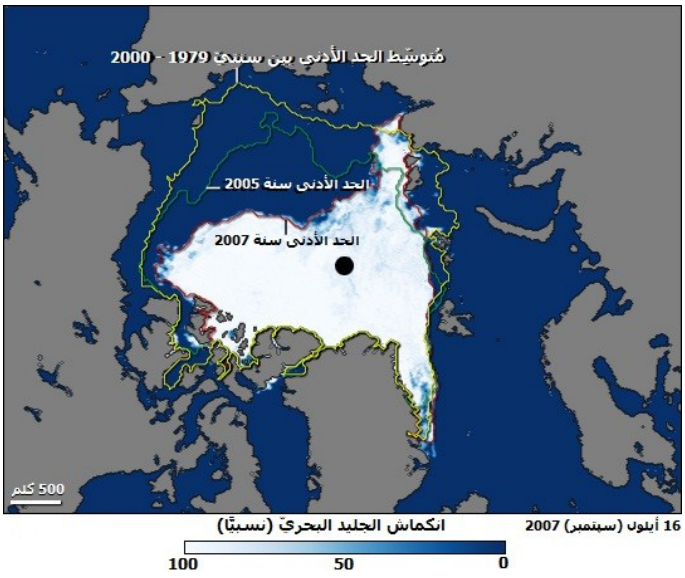
6-1-4- تزايد وقوع الأحداث البيئية المتطرفة

غالبا ما تخلف الاعاصير والفيضانات والزلازل والجفاف والعواصف ظهور وانتشار بعض الأمراض المعدية والاوبئة المحلية، وذلك بسبب تحطم البنية الأساسية كالمستشفيات والخدمات الصحية العامة. فمثلا إن حالات ظهور الملاريا ترتبط وبشدة بظاهرة النينو في عدد من البلدان (الهند، وفنزويلا على سبيل المثال). والنينو هي عبارة عن دورة مناخية تحدث في المحيط الهادئ، لها تأثير كبير على حالة الطّقس في جميع أنحاء العالم، وعادةً ما تبدأ هذه الدّورة عندما تنتقل المياه الدافئة في المحيط الهادئ باتجاه سواحل أمريكا الجنوبية على طول خط الاستواء. وينتج عنها تغير في ضغط الهواء، وتتسبب بارتفاع مستوى سطح

البحر بمقدار نصف متر تقريباً عن المستوى الطبيعي، وتؤثر عملية تصاعد المياه إلى الأعلى على المناخ العالمي، وتزيد من معدل هطول الأمطار في بعض المناطق. كما وتؤثر هذه الظاهرة أيضاً في التذبذب الذي يحدث في الدورة المناخية للاحترار والتبريد بشكل كبير في حدوث تغيرات ملحوظة على درجات حرارة المحيطات في المناطق المدارية، بالإضافة إلى التغير الذي يطرأ على الطقس الموسمي في جميع أنحاء العالم، والجفاف الذي يحدث في بعض المناطق، كما تؤدي هذه الظاهرة أيضاً إلى حدوث الكوارث الطبيعية مثل الفيضانات والأعاصير والجفاف. ومن أبرز الآثار البيئية المتطرفة أعاصير المحيط الأطلسي في السبعينيات من القرن الماضي، وقد أشارت الدراسات إلى أن GW له تأثير على أعاصير المحيط الأطلسي ويعتقد العلماء أنه من المحتمل أن يؤدي الارتفاع المستمر في درجات حرارة المحيطات الاستوائية إلى حدوث أعاصير أقوى على مستوى العالم خلال هذا القرن (سامي الطيب، 2023).

6-1-5- ذوبان الجليد وارتفاع مستوى سطح البحر

توقعت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، أن القطب الشمالي سيكون خالياً فعلياً من الجليد البحري الصيفي بحلول عام 2050. فقد ساهم ذوبان الجليد في الأنهار الجليدية في جميع أنحاء العالم والصفائح الجليدية الكبيرة في غرينلاند وأنتاركتيكا في ارتفاع مستوى سطح البحار والمحيطات، كما أن التمدد الحراري للمحيطات والبحار له دور أيضاً في هذه الزيادة، ويعني أن مياه البحر أو المحيط تأخذ مساحة أكبر مع ارتفاع درجة حرارتها، وقد ارتفع مستوى سطح البحر العالمي بين عامي 1901 و2010 حوالي 91 سم (حسين مصطفى وفلاح، 2007).



الوثيقة 1-11: صورة توضح انحسار الجليد في القطب الشمالي بشكل بلغ حده الأقصى بين عامي 1979 و2007

المصدر: ويكيبيديا، الاحتباس الحراري، 2007

6-2- الآثار السلبية للاحتباس الحراري على الإنسان

أشارت العديد من الدراسات إلى أن الآثار الحالية والمستقبلية للـ GW، على الإنسان والمجتمع سلبية وستظل سلبية بصورة سائدة. فغالبية الآثار العكسية للتغير المناخي تعاني منها المجتمعات الفقيرة وذات الدخل المنخفض حول العالم، والتي تتميز بمستويات كبيرة من التعرض للعوامل البيئية المؤثرة المتمثلة في الصحة والثروة والعناصر الأخرى..

6-2-1- زيادة الهجرة والنزوح

طوال تاريخ البشرية كانت الهجرة والمناخ مرتبطتين دائماً، وفي العصر الحديث من المحتمل أن تؤدي تأثيرات الأزمة المناخية الناجمة عن أنشطة الإنسان، إلى تغيير أنماط الاستيطان البشري على نطاق واسع. واعترافاً بتأثير البيئة والمناخ على الهجرة قادت المنظمة الدولية للهجرة الجهود لدراسة الروابط بين تلك القضايا، كما أوضحت المنظمة، قائلةً "إننا نعيش الآن في عصر ترتبط فيه الأحداث الكارثية المتعلقة بالمناخ والنشاط البشري، ومن المحتمل أن يكون لذلك تأثير كبير على الطريقة التي نقرر بها الهجرة إلى مكان ما والاستقرار". ويقدم أطلس الهجرة البيئية أدلة على أن التغيرات البيئية والكوارث الطبيعية لعبت دوراً في كيفية توزيع السكان على كوكب الأرض على مدار التاريخ، ولكن مع ذلك من المرجح جداً أن تتغير أنماط الاستيطان البشري بشكل كبير بسبب التغييرات البيئية (عامر محمود، 2005).

يؤدي تغير المناخ إلى نزوح الأفراد من خلال العديد من الطرق وأكثرها وضوحاً ومأساويةً، ما يكون بسبب زيادة عدد وخطورة الكوارث المتعلقة بالطقس والتي تدمر المنازل والمساكن مما يدفع الأفراد إلى البحث عن مأوى أو أماكن للعيش بمكان آخر. إن ظاهرة البداية البطيئة التي تتضمن تأثيرات التغير المناخي مثل التصحر وارتفاع منسوب البحار يؤدي تدريجياً إلى تدمير أسباب المعيشة وتجبر المجتمعات على التخلي عن أوطانها التقليدية لتذهب إلى بيئات أكثر ملاءمة. ويحدث هذا حالياً في مناطق الساحل الأفريقي وحزام مناطق المناخ شبه الجاف الذي يمتد حول القارة أسفل صحرائها الشمالية تمامًا. فطبقًا لمركز مراقبة النزوح الداخلي Internal Displacement Monitoring Centre، فإن أكثر من 42 مليون شخص نزحوا من منطقة آسيا والمحيط الهادئ خلال عامي 2010 و2011، وهذا يزيد من مضاعفة السكان في بعض المناطق في العالم (صلاح الدين، 2008).

6-2-2- الآثار الاجتماعية

إن تأثيرات GW التي تؤدي إلى التغيرات المناخية، تؤثر بصورة غير متساوية على الفئات العمرية، أي أن 90% من الوفيات الأمراض المرتبطة بالطقس وتقلباته تقع بين الأطفال الصغار. وفي نفس الموضوع أكد مدير معهد بحوث السلام بستوكهولم دان سميث على العلاقة بين آثار الاحتباس الحراري ودوره البارز في إحداث التغيرات المناخية والمشاكل الاجتماعية، حيث قال بهذا الشأن "إن تأثيرات تحول المناخ تساهم مع عوامل اجتماعية واقتصادية وسياسية في خلق ظروف تتفجر فيها النزاعات"، حيث حذر أيضا من آثار GW وما ينتج عنه من جفاف وفيضانات التي ليس لها تأثير محلي فقط، بل إن انعكاسات ذلك وظواهر الطقس الحادة لها تأثير على الاسعار العالمية للغذاء، والذي ينتج عنه ارتفاع في الاسعار مسببا بذلك نزاعات وصراعات، ففي كل مرة ارتفعت فيها اسعار الغذاء في الاسواق العالمية، تحدث مظاهرات وصدمات، وبالتالي عدم استقرار اجتماعي وسياسي في 30 حتى 40 دولة في آن واحد (سامي الطيب، 2023).

6-2-3- الآثار الاقتصادية

حسب تقرير الاقتصادي البريطاني نيكولاس ستيرن "تقرير ستيرن" الشهير، بشأن "اقتصاديات تغير المناخ" سنة 2006، والذي يناقش تأثير الاحترار العالمي على الاقتصاد العالمي، حيث يذكر التقرير أن تغير المناخ هو أعظم وأوسع نطاق غير مستوفي في السوق من أي وقت مضى، مما يمثل تحدياً فريداً للاقتصاد، ويشير الاستعراض إلى الآثار المحتملة لتغير المناخ على موارد المياه وإنتاج الأغذية والصحة والبيئة. ووفقاً للتقرير، فإنه بدون اتخاذ إجراءات، فإن التكاليف الإجمالية لتغير المناخ سوف تعادل خسارة ما لا يقل عن 5٪ من الناتج المحلي الإجمالي العالمي كل عام، سواءً في الوقت الحالي أو في المستقبل، وهو ما يعادل 500 مليار دولار. ويمكن أن يؤدي ذلك إلى توسيع نطاق المخاطر والآثار إلى 20٪ من الناتج المحلي الإجمالي أو أكثر، إلى أجل غير مسمى أيضا. ويعتقد ستيرن أن 5-6 درجات من زيادة درجة الحرارة هو "احتمال حقيقي"، وإن جميع الاجيال الحالية والمقبلة ستعاني من عواقب GW، بعدما كانت التهديدات الرئيسية هي الحروب والصراعات السياسية والتنمية الصناعية (NicholasStern، 2006).

7- الحلول المقترحة للحد من ظاهرة الاحتباس الحراري

يرى معظم الفقهاء أن ظاهرة GW هي السبب الرئيسي للتغيرات المناخيةٍ، والتي تعد من بين أخطر التحديات العالمية في هذا القرن، حيث يظهر أثرها بصورة مباشرة على كل الكائنات الحية، لذلك يعتبر GW قضية جوهرية من قضايا الأمن والسلم الدوليين. مما يتوجب وضع الحلول والمقترحات العملية للحد من هذه الظاهرة عالميا ومحليا.

7-1- استراتيجيات مكافحة الاحتباس الحراري

تعددت الطرق والحلول المطروحة بشأن المكافحة والتخفيف من ظاهرة GW، فبعض الحلول يمكن تطبيقيا بسهولة، والبعض الآخر يحتاج إلى فترة كبيرة جدا. ومما لا شك فيه أن خفض نسبة الغازات الدفيئة يمكن أن يتم بوسائل متعددة منها:

7-1-1- الطاقة المتجددة والاستدامة

الطاقة المتجددة Renewable Energies، هي طاقة ناتجة عن مصادر طبيعية تتجدد بمعدل يفوق ما يتم استهلاكه. وتُستمد الطاقة المتجددة من مصادر متنوعة، وكل مصدر يُنتج نوعًا من الطاقة فيما يلي توضيحًا لها:

* **الطاقة الشمسية Solar Energy:** الطاقة الشمسية هي الأكثر وفرة من بين جميع مصادر الطاقة ويمكن حتى توليدها في الطقس الغائم. يفوق معدل اعتراض الأرض للطاقة الشمسية بحوالي 10000 مرة معدل استهلاك البشر للطاقة. ويمكن لتكنولوجيات الطاقة الشمسية توفير الحرارة والتبريد والإضاءة الطبيعية والكهرباء والوقود لمجموعة من التطبيقات. وتعمل تكنولوجيات الطاقة الشمسية على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية إما من خلال الألواح الكهروضوئية أو من خلال المرايا التي تركز الإشعاع الشمسي. وإن لم تكن جميع البلدان تتمتع بالطاقة الشمسية على حد سواء، فإن المساهمة الكبيرة في مزيج الطاقة من الطاقة الشمسية المباشرة ممكنة لكل بلد. لقد تراجعت تكلفة تصنيع الألواح الشمسية بشكل كبير في العقد الماضي، مما جعل الطاقة الشمسية في متناول الجميع وغالبًا الأقل تكلفة. تستخدم الألواح الشمسية لمدة 30 عامًا تقريبًا، وتختلف درجاتها حسب نوع مواد تصنيعها (الأمم المتحدة، 2022).

* **الطّاقة الحيويّة Bioenergy Basics:** يتم إنتاج الطاقة الاحيائية من مجموعة متنوعة من المواد العضوية، المعروفة بالكتلة الاحيائية، مثل الخشب والفحم وغيرها من السماد الطبيعي لإنتاج الحرارة والطاقة، والمحاصيل الزراعية للوقود الحيوي السائل. تُستخدم معظم الكتلة الاحيائية في المناطق الريفية لأغراض

الطهي والإضاءة والتدفئة، وبشكل عام من قبل السكان الأكثر فقرًا في البلدان النامية. تشمل أنظمة الكتلة الاحيائية الحديثة المحاصيل أو الأشجار المخصصة، والمخلفات من الزراعة، ومختلف تيارات النفايات العضوية، وتنتج الطاقة الناجمة عن حرق الكتلة الأحيائية انبعاثات غازات الدفيئة، ولكن بمستويات أقل من حرق الوقود الأحفوري مثل الفحم أو النفط أو الغاز. ومع ذلك، ينبغي استخدام الطاقة الأحيائية في تطبيقات محدودة فقط، بالنظر إلى الآثار البيئية السلبية المحتملة المرتبطة بالزيادات الكبيرة في مزارع الغابات والطاقة الأحيائية، وما ينتج عن ذلك من إزالة الغابات وتغير في استخدام الأراضي (الأمم المتحدة، 2022).

* **طاقة الرّياح Wind Energy:** طاقة الرياح مستخرجة من الطاقة الحركية للرياح باستخدام توربينات الرياح الكبيرة الموجودة على اليابسة أو في البحار، 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، بالرغم من أن متوسط سرعات الرياح يختلف اختلافًا كبيرًا حسب الموقع، فإن الإمكانات التقنية العالمية لطاقة الرياح تتجاوز إنتاج الكهرباء العالمي، وتوجد إمكانات وافرة في معظم مناطق العالم لتمكين نشر طاقة الرياح بشكل كبير. تتمتع أجزاء كثيرة من العالم بسرعات رياح قوية، ولكن أفضل المواقع لتوليد طاقة الرياح تكون في بعض الأحيان بعيدة. حيث توفر طاقة الرياح البحرية إمكانات هائلة (الأمم المتحدة، 2022).

* **الطّاقة الكهرومائية Hydroelectric Power:** تستخدم الطاقة الكهرومائية طاقة المياه المتدفقة من الأعلى إلى الأسفل. ويمكن أن تتولد من الخزانات والأنهار. 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. وتعد الطاقة المائية حاليًا أكبر مصدر طاقة متجددة في قطاع الكهرباء. وهي تعتمد بشكل عام على أنواع هطول الأمطار المستقرة، وقد تتأثر سلبًا بحالات الجفاف أو التغيرات في النظم البيئية التي تؤثر على أنواع هطول الأمطار، كما يمكن أن تؤثر البنية التحتية اللازمة لتوليد الطاقة الكهرومائية على النظم البيئية بطريقة سلبية. لهذا السبب، يعتبر الكثيرون الطاقة الكهرومائية الصغيرة النطاق خيارًا أكثر مراعاة للبيئة، يناسب بشكل خاص المجتمعات في المناطق النائية (الأمم المتحدة، 2022).

* **الطاقة الحرارية الأرضية Geothermal Energy:** تستخدم الطاقة الحرارية الأرضية الطاقة الحرارية المتوفرة في باطن الأرض. ويتم استخراج الحرارة من الخزانات الحرارية الأرضية باستخدام آبار أو وسائل أخرى. وتعرف الخزانات الساخنة بدرجة كافية طبيعياً والقابلة للنفاذ بالخزانات الحرارية المائية، في حين يطلق على الخزانات الساخنة بدرجة كافية والتي يتم تحسينها بالتحفيز الهيدروليكي اسم أنظمة الطاقة الحرارية الأرضية المحسنة. بمجرد وصولها إلى السطح، يمكن استخدام سوائل بدرجات حرارة مختلفة لتوليد الكهرباء. وتعد تكنولوجيا توليد الكهرباء من الخزانات الحرارية المائية ناضجة وموثوقة، فهي تستعمل منذ أكثر من 100 عام (الأمم المتحدة، 2022).

* **طاقة ظاهرتي المدّ والجزر Tidal Energy:** تُستمد الطاقة البحرية من التكنولوجيات التي تستخدم الطاقة الحركية والحرارية لمياه البحر (الأمواج أو التيارات على سبيل المثال) لإنتاج الكهرباء أو الحرارة، ولا تزال أنظمة الطاقة البحرية في مرحلة مبكرة من التطور، مع استكشاف عدد من النماذج الأولية لأجهزة الموجات وتيارات المد والجزر. وتتجاوز الإمكانات النظرية للطاقة البحرية بكثير متطلبات البشر الحالية من الطاقة (الأمم المتحدة، 2022).

7-1-2- التخلص من النفايات الضارة

يمكن التخلص من النفايات بعدة طرق، تعتمد على مدى توفر الأنظمة والتشريعات التي تضبط سلامة الطريقة المتبعة في معالجة النفايات، ونذكر فيما يأتي أهم الطرق للتخلص من النفايات:

* **طريقة الدفن:** تتمثل هذه الطريقة بوضع النفايات في حفر أرضية دون أن يتم فصل مكوناتها واسترجاع ما يمكن الاستفادة منه، وينتج عن الدفن غاز الميثان الذي ينتج من التخمّر وتحلل النفايات العضوية لاهوائياً عند تغطيتها بطبقة من التربة، وقد تؤدي هذه الطريقة إلى تلوث المياه الجوفية عن طريق تسرب مياه الأمطار الملوّثة والتي تعرف باسم (السائل الراشح) إلى الخزّان الجوفي، لذا يتم وضع طبقة إسمنتية أو بلاستيكية لمنع تسرب المياه الملوّثة من هذه الحفر إلى الخزان الجوفي، ويجب أيضاً دراسة المواقع المقترح استخدامها كمدافن للنفايات من حيث الظروف البيئية والمناخية (فارس، 2016).

* **الحرق والترميد:** يتم حرق النفايات في أفران خاصة عند درجة حرارة 900 إلى 2000 درجة مئوية مع ضرورة الاستمرار في الحرق دون توقف، ويُستفاد من هذه الطريقة في توليد الكهرباء والتدفئة المركزية، عن طريق استغلال الطاقة الحرارية الناتجة عن الاحتراق في تسخين أنابيب الماء المستخدمة في شبكات التدفئة المركزية وكذلك في إنتاج بخار الماء الذي يُمكن استغلاله في توليد الكهرباء. وعلى الرغم من الأهمية البيئية

لهذه الطريقة، إلا أنها تساهم في تلويث الهواء بسبب عمليات الحرق والغازات السامة الناتجة عنها، كما أن هذه الطريقة غير فعّالة لبعض النفايات الصلبة والتي يتم التخلص منها عبر دفنها بالإضافة إلى الرماد الناتج عن الاحتراق. لذا تعد طريقة الطمر الصحي مكمّلة لطريقة الحرق والترميد (فارس، 2016).

* **إعادة التدوير:** يمكن إعادة استخدام وتدوير النفايات الصناعية ونفايات المدن مثل الورق والبلاستيك والمخلفات الغذائية عن طريق تهيئتها عبر عمليات صناعية ليتم إعادة استخدامها كمواد خام لتصنيع منتجات جديدة. على سبيل المثال، ينتج طن واحد من الورق من 20 شجرة تقريباً، لذا فإن إعادة استخدام الورق الموجود في النفايات يساهم في تقليل استهلاك الأشجار المستخدمة في صناعة الورق، كما يمكن الاستفادة من النفايات المنزلية عن طريق تحويلها إلى سماد عضوي بواسطة التحليل الحيوي، حيث تقوم الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا بتحليل هذه المخلفات في وجود الهواء، ليتم بعد ذلك الاستفادة من السماد العضوي في المحاصيل الزراعية وعمليات الزراعة (فارس، 2016).

* **الطريقة التقليدية:** تتبع بعض الدول طرقاً تقليدية في التخلص من النفايات، كنقلها إلى خارج المدينة وتجميعها في أماكن مخصصة ليتم حرقها أو تركها تتحلل، وتعد هذه الطريقة مسبباً أساسياً لحدوث تلوثٍ للهواء، والماء، والتربة، حيث إن حرق النفايات يُنتج الغازات التي تحتوي على عدد كبير من الملوّثات مثل أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت، والتي تزيد من مشكلة حموضة الأمطار. وللحد من خطورة هذه الطريقة يجب مراعاة اختيار مواقع تجميع النفايات للحد من أضرارها البيئية قدر المستطاع (فارس، 2016).

7-2- الدور العالمي في مكافحة الاحتباس الحراري

وقعت العديد من دول العالم معاهدات دولية واتفاقيات أممية، بشأن تغير المناخ والحد من مسببات ظاهرة GW وذلك بغرض تطوير الأهداف والأساليب العلمية والعملية لمحاربة التصرفات التي تؤدي الى تغير المناخ، ووضع أطر قانونية للمسؤولية عنها.

7-2-1- اتفاقية باريس للتغير المناخي

تمّ عقد مؤتمر في باريس عام 2015، ومن خلال اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي UNFCCC 1992، حيث تمّ التوصّل إلى اتفاق تاريخي اتفاقية باريس Paris Agreement 2015، والذي يهدف إلى تكثيف وتسريع الإجراءات التي تساعد على مكافحة التغيّر المناخي، وتخفيض نسبة CO_2 في الجو، وقد أعلنت الاتفاقية أنها تهدف إلى الحد من ارتفاع درجة الحرارة عند 2 درجة مئوية عن عصر ما قبل التصنيع، مع تشجيع الأعضاء على استهداف ارتفاع 1.5 درجة مئوية فقط. ولا شك أن

تطبيق هذه الاتفاقية سيعكس مبدأ العدالة ومبدأ المسؤولية المشتركة لجميع الدول، في مواجهة تغير المناخ مع مراعاة التباين بين الدول المرتبطة باختلاف الإمكانيات والمسؤولية. وقد تميّزت اتفاقية باريس عن غيرها من الأنشطة، بتوحيد جميع الدول بما فيها الدول النامية في قضية التغيّر المناخي، وإيجاد حلول مشتركة لمكافحتها، كما تهدف الاتفاقية بشكل أساسي إلى تعزيز استجابة جميع الدول لمواجهة خطر التغيّر المناخي (يوسف حسان، 2016).

7-2-2- التزامات الدول في خفض الانبعاثات والدور القيادي للدول المتقدمة

يمكن القول بأن اتفاقية الأمم المتحدة للتغيرات المناخية لعام 1992، تناولت العدالة المناخية تحت مبدأ الإنصاف، حيث يشير هذا المبدأ إلى العدل ومفاهيم أخرى مشابهة، هي حماية وتأمين النظام المناخي لمصلحة الأجيال الحالية والمستقبلية، ويرجع بعض الفضل في إبرام هذه الاتفاقية الإطارية إلى هذا المبدأ، عندما وجد أن العديد من الدول المتقدمة تتردد كثيراً، وقد لا تتقبل بفرض أي التزامات ربما تؤدي إلى إعاقة التنمية الاقتصادية لديها، إلا أنه في سياق الحماية القانونية للمناخ، ونتيجة لإعمال مبدأ الإنصاف لم يتم الالتفات إلى هذا الصعوبات، ودُفعت هذه الدول دفعاً للمشاركة في محاولة من الدول مجتمعة التوصل إلى نتيجة مقبولة بشأن هذه الحماية الضرورية (سامي الطيب، 2023).

وبالفعل فلقد أظهر تقرير مفوضية الأمم المتحدة السامية لحقوق الإنسان بشأن العلاقة بين تغير المناخ وحقوق الإنسان لعام 2009، في جزئه الخاص بالعبء غير المتكافئ ومبدأ الإنصاف، أنه لطالما ساهمت البلدان الصناعية، بالقدر الأكبر في انبعاثات الغازات الدفيئة الناجمة عن أنشطة بشرية، وفي الآن ذاته توزع آثار تغير المناخ توزيعا غير متكافئ، فتؤثر تأثيرا مفرطا على أفقر المناطق والبلدان، أي تلك التي ساهمت عموما بالقدر الأدنى في تغير المناخ الناجم عن أنشطة بشرية. وأن الأطراف الدولية ينبغي أن تحمي النظام المناخي على أساس الإنصاف ووفقا لمسؤولياتها المشتركة، وإن كانت متباينة، وقدرات كل منها، وعلى أن البلدان المتقدمة ينبغي أن تأخذ مكان الصدارة في مكافحة تغير المناخ والآثار الضارة المترتبة عليه، وعلى أن يولى الاعتبار التام لاحتياجات البلدان النامية، لا سيما تلك المعرَّضة بشكل خاص للتأثر بالنتائج الضارة الناجمة عن تغير المناخ، والتي سيتعين عليها أن تتحمل عبئا غير متناسب أو غير عادي، خاصة أن الدول النامية تعاني من 99 % من الخسائر المنسوبة إلى التغير المناخي. ولقد أثار ذلك تساؤلاً حول العدالة المناخية، حيث إن أكثر 50 دولة نامية حول العالم، لا تعدّ مسؤولة عن أكثر من 1 % من انبعاثات الغازات التي تتسبب في ظاهرة GW العالمية (مفوضة الأمم المتحدة لحقوق الإنسان، 2009).

7-3- توعية الجمهور والتعليم حول الاحتباس الحراري

يعدّ التوعية والتعليم أحد العوامل الحاسمة في معالجة قضية GW وتغير المناخ. وهو ما تستند عليه اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC)، المسؤولية إلى الأطراف في الاتفاقية، للقيام بحملات تثقيفية وحملات توعية عامة بشأن تغير المناخ، ولضمان مشاركة الجمهور في البرامج والوصول إلى المعلومات حول هذه القضية.

7-3-1- دور وسائل الإعلام في توعية الجمهور

تكمن أهمية وسائل الإعلام في قدرتها الكبيرة على الوصول إلى البيانات والمعلومات وآراء الخبراء التي لا يستطيع عموم الجمهور الوصول إليها، ويقع على عاتقها مسؤولية تحري دقة هذا الكم المعلوماتي الهائل وتمحيصه وفقاً لأعلى درجات الحيادية والنزاهة للخروج بالمواد والمحتويات الموثوقة والدقيقة. وبعد إضافة استنتاجاتها أو استنتاجات الخبراء، يستطيع الإعلام تحديد أفضل الطرق والوسائط لنشر هذه الحصيلة المعرفية والفكرية، سواء كانت عبر الوسائل المطبوعة أو المسموعة أو المرئية. ولا شك في أن ما نقرأ أو نسمع أو نشاهد يساهم في تحديد فهمنا أو استيعابنا للقضايا الحيوية المطروحة مثل GW، وبالتالي تشكيل آرائنا وأفكارنا، التي ترسم بدورها أطر سلوكياتنا كأفراد، مثل اتباع ممارسات صديقة للبيئة، كإعادة التدوير أو غلق المصابيح الكهربائية عند مغادرة الغرفة. كما أن الآراء الجماعية تساهم هي الأخرى في تحديد مسار وسلوك صنّاع السياسات المطالبين، في نهاية المطاف، باتخاذ القرارات بناءً على رغبة وتوجهات مجتمعاتهم. إذا جاءت قضية GW ضمن الأولويات الرئيسية لدى الأفراد، فإنها ستستحوذ بالتالي على أولوية كبيرة ضمن أجندة الحكومات. ويمكننا أن نلمس ذلك حول العالم. فقد أفادت دراسة صادرة عن جامعة كانساس سنة 2019، أن الدول الغنية تنظر إلى ظاهرة GW كقضية سياسية، بينما تدرجها نظيراتها من الدول الفقيرة ضمن قائمة القضايا والأزمات التي تستدعي تدخل المجتمع الدولي لمعالجتها (مركز الاتحاد للأخبار، 2020).

7-3-2- تضمين موضوع الاحتباس الحراري في المناهج الدراسية

يمكن أن يشجع التعليم الناس على تغيير مواقفهم وسلوكهم؛ كما أنه يساعدهم على اتخاذ قرارات مستنيرة. ففي الفصول الدراسية، ويمكن تعليم الشباب تأثير GW وتعلُّم كيفية التكيف مع تغير المناخ. يُمكّن التعليم جميع الناس، لكنه يحفز الشباب بشكلٍ خاص على اتخاذ الإجراءات، أين تساعد معرفة الحقائق في القضاء على الخوف من قضية غالباً ما يتم وسمها بأن القدر فيها محتوم في الساحة العامة. وفي هذا السياق، استفادت منظمة

اليونيسف من عقول ومخيلات الأطفال حول العالم لالتقاط معنى أن تكون طفلاً ينشأ في عصر التغير المناخي السريع (الأمم المتحدة، 2018).

7-3-3- حملات التوعية والتثقيف حول الاحتباس الحراري

من خلال برنامجها "تعليم تغير المناخ من أجل التنمية المستدامة"، تهدف منظمة اليونسكو إلى مساعدة الناس على فهم تأثير ظاهرة GW اليوم وزيادة محو الأمية المناخية بين الشباب. وقد تم عرض ومناقشة هذا البرنامج وغيره من المبادرات التعليمية المبتكرة، بما في ذلك برنامج "العمل العالمي والعمل من أجل التمكين المناخي". كما تعمل المنظمة العالمية للأرصاد الجوية بشكلٍ وثيق مع مقدمي عروض الطقس الملتزمين بالتثقيف والتوعية بشأن تغير المناخ والذين شكلوا شبكة بث جديدة هي "مناخ بلا حدود"، والتي يصل بثها إلى حوالي 375.000.000 شخص يومياً، وتهدف إلى تثقيف وتحفيز وتنشيط مقدمي عروض الطقس للوصول إلى جماهيرهم مسلحين بالمعلومات المفيدة. وبالشراكة مع منظمة المناخ المركزي، أنتجت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، سلسلة من مقاطع فيديو أُطلق عليها "الصيف في المدن"، تقدم لمحةً عن التأثيرات المستقبلية لـ GW على الطقس في المدن حول العالم. وتتبع هذه السلسلة سلسلة مقاطع الفيديو "الطقس في عام 2050" التي قدم فيها مقدمو برامج الطقس في التلفزيون تنبؤات طقس نموذجية لعام 2050، استناداً إلى سيناريوهات علمية (الأمم المتحدة، 2018).

7-4- الجهود الوطنية للحد من آثار الاحتباس الحراري

تسارعت خطى الدول للمساهمة الفاعلة في الحد من آثار GW، من خلال حلول تندرج تحت فئتين رئيسيتين وهما: التخفيف من حدة التغير المناخي، ويهدف الخبراء هنا إلى إبطاء معدّل التغير المناخي عبر خفض معدلات انبعاثات الغازات الضارة بوسائل متنوعة. والفئة الثانية هي التكيّف، والتي يهدف بها الخبراء إلى إنشاء تجهيزات متقدمة، لمساعدة المواطنين على التكيّف مع آثار التغيّر المناخي. وقد سعت الدول من خلال تفعيل أدوات متعددة، لتحقيق أهدافها وذلك من خلال تبني الخطوات الآتية:

* العمل على تعديل التشريعات الداخلية لمواكبة التطورات والتوجهات العالمية فيما يتعلق بتغيرات المناخ وآثارها الضارة.

* اعتماد آليات اقتصادية صديقة للبيئة من خلال العمل على خفض انبعاثات الكربون السنوية لتصل الى مستويات معقولة، والاستثمار في مشروعات الطاقة المتجددة.

* التعاون مع الدول الأخرى على المستوى الدولي في مكافحة التغير المناخي كالعمل على تنفيذ توصيات اتفاقية باريس. وتبادل التقنية والمعلومات ذات الصلة بتغير المناخ.

* مشاركة المؤسسات المحلية في حل مشكلة التغيّر المناخي، فوفقاً لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي، حيث تقوم الإدارات المحلية بما يقرب من 70 % من الإجراءات اللازمة للحد من أضراره، و90 % من الإجراءات اللازمة لمساعدة المواطنين في التكيّف علي الآثار المترتبة عليه (يوسف حسان، 2016).

7-5- الحلول الفردية للحد من آثار الاحتباس الحراري

يستطيع الإنسان بمفرده القيام بالعديد من الممارسات الفردية للمساهمة في التقليل من انبعاثات الغازات الدفيئة، وبالتالي الحد من ظاهرة GW، مثل:

* عمليات إعادة التدوير: والتي تساعد في الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة، إذ يُمكن توفير حوالي 1089 كغ من CO_2 سنوياً في حال تمّ إعادة تدوير نصف نفايات المنزل.

* التقليل من استخدام مكيّف الهواء: من خلال إضافة مواد عازلة في جدران المباني، مما يساهم في الحفاظ على درجة الحرارة معتدلة داخل المبنى في جميع الأوقات، ويُقلل من كمية الطاقة اللازمة لتدفئة وتبريد المبنى.

* استخدام المصابيح الموفرة للطاقة: إذ تستهلك مصابيح الفلورسنت مقداراً أقل من الطاقة المُستهلَكة من المصابيح المتوهجة بمقدار الثلثين، كما أنهّا تصدر حرارة أقل بنسبة 70 %، وتدوم لفترة تصل إلى 10 أضعاف المصابيح العادية المتوجهة.

* استخدام كميات أقل من الماء الساخن: بتوفير الطاقة اللازمة لتسخينها، تساهم في الحد من انبعاث حوالي 227 كغ من CO_2 سنوياً في حال تمّ تطبيقها في معظم المنازل.

* إطفاء الأجهزة غير المُستخدَمة: يساهم ذلك في توفير الطاقة الكهربائية، وبالتالي الحد من ظاهرة GW.

* تشجيع الآخرين على الحفاظ على الطاقة: تبادل المعلومات المتعلقة بهذا المجال، مع كل من الجيران، الأقارب، الأصدقاء وزملاء العمل..

* تجنب استخدام المنتجات كثيرة مواد التغليف والتعبئة: يؤدي تقليل كمية النفايات بنسبة 10 % إلى توفير حوالي 544 كغ من CO_2.

* التقليل من استخدام المركبات: بالاستعانة بركوب الدراجات الهوائية والمشي، للتقليل من انبعاثات الغازات الدفيئة.

* إلزام الشركات بالمصادر المستدامة: بالاستفادة من المصادر المستدامة في صنع منتجاتها.

* الاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة: يساهم استخدام الطاقة المتجددة كطاقة الرياح، والطاقة الشمسية، والطاقة الحرارية.. للتقليل من التلوث الجوي، وتكلفتها المناسبة، مع الحفاظ على البيئة.
* زراعة الأشجار: تُعدّ من الإجراءات المهمة للحد من ظاهرة GW، إذ إنهّا تُطلق O_2 إلى الغلاف الجوي وتمتص CO_2 (سامي الطيب، 2023).

نستخلص من كل ما سبق إلى أن ظاهرة GW، هي قضية جوهرية اجتماعيا واقتصاديا وإنسانيا، لها آثار وخيمة على الحياة في كوكب الأرض، وبشكل مباشر وغير مباشر على المستوى الفردي والجماعي، وإن آثارها السلبية تتوزع على نحو غير متكافئ، إذ تؤثر تأثيراً مفرطاً على أفقر المناطق والبلدان، وتتعدى آثارها الأجيال الحالية لتمس حتى بحقوق الأجيال اللاحقة. وهذا إن دل على شيء فإنما يدل على أهمية التصدي لتهديدات تغير المناخ الناجمة عن GW، وضرورة اتخاذ تدابير وطنية وإقليمية ودولية مناسبة تتسق مع الأهداف الشاملة للمحافظة على البيئة الإنسانية.

أين كان من المفترض أن تركز جهود الباحثين على تعزيز قدرة المجتمعات البشرية على التكيف مع الظروف المناخية الجديدة وإيجاد آليات من شأنها أن تمكننا من تحملها. ومع ذلك، لا ينبغي إهمال دور المجتمعات الإنسانية في إحداث تغييرات ملموسة على تكوين الغلاف الجوي. رغم بعض الاستنتاجات التي تؤكد أنه لا داعي للقلق بشأن تغير المناخ؛ لأن كوكب الأرض لديه المرونة لضبط توازنه مرة أخرى. علاوة على ذلك، أثبت التاريخ الطبيعي لكوكبنا أن أرضنا قد نجت من الكوارث الطبيعية العظيمة التي قضت عليها تقريبًا.

الفصل الثاني: الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض

تعد الأمراض المنتقلة عن طريق النواقل مثل البعوض والقراد، من المساهمين الرئيسيين في العبء العالمي للأمراض المعدية، فما يقارب من نصف سكان العالم معرضون لخطر الإصابة بالأمراض المنقولة بالنواقل في أي مكان. حيث تستأثر هذه الأمراض بنسبة تزيد على 17% من الأمراض المعدية إجمالاً، وتتسبب في حصاد أرواح أكثر من 700000 شخص سنوياً. خاصة الأمراض التي ينقلها البعوض والتي يمكن أن تنجم عن الطفيليات أو البكتيريا أو الفيروسات. ومن بين الأمراض الطفيلية مثل الملاريا البشرية، حيث بلغت حوالي 241 مليون حالة إصابة سنويًا على الصعيد العالمي في سنة 2020. حيث يُعتقد أن العديد من الأمراض التي ينقلها البعوض تتزايد في معدل الإصابة والتوزيع الجغرافي، على سبيل المثال، ازداد معدل الإصابة بحمى الضنك على مستوى العالم على مدار الخمسين عاما الماضية 30 مرة، بعد انتشاره في العديد من البلدان الجديدة، بينما تم التبليغ عن زيادتها مرة أخرى في العديد من البدان الموبوءة، بعد الانخفاض الكبير سابقا. ونتيجة لذلك ركزت الكثير من الأبحاث على فهم التوزيعات الجغرافية الحالية والمستقبلية لمخاطر الأمراض، في سياق التغيير العالمي المستمر للمساعدة في توجيه التدخلات وحماية الصحة العامة. وفي هذا العمل سنسلط الضوء على الأمراض الطفيلية (Franklinos وآخرون، 2019؛ Bosilkovski وآخرون، 2023؛ منظمة الصحة العالمية، 2020).

1- الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق الناقل

تعد الأمراض المنقولة بالنواقل إحدى مشاكل الصحة العامة الرئيسية في جميع أنحاء العالم ولها عواقب صحية واقتصادية كبيرة (منظمة الصحة العالمية 2012). لقد لعبت دورًا رئيسيًا في معدلات الاصابة والوفيات على مستوى العالم منذ أن بدأت الاستيطان البشري قبل 15000 عام. ومن بين هذه الأمراض، تنتقل الملاريا، وهي المرض الأكثر انتشارًا وفتكًا، عن طريق بعوض الأنوفيليس، وتتسبب في وفاة مليون إلى مليوني شخص سنويًا، معظمهم من الأطفال دون سن الخامسة. وينتقل داء الفيلاريات اللمفية عن طريق بعوض الكيولكس والزاعجة، ويصيب 100 مليون شخص (Alayat وآخرون، 2023).

تصيب الأمراض الطفيلية البشر، وقد تسبب الموت، أو بعض الأمراض المستديمة أو العاهات الدائمة. أين تقدر مجموع الإصابات البشرية بالطفيليات حوالي 4.5 مليار إصابة من ضمنها 1.26 مليار بديدان الاسكارس *Ascaris* لوحدها، وتصل الإصابة بالبلهارسيا *Schistosoma* في حدود 271 مليون، والملاريا *Plasmodium* حوالي 300 مليون إصابة. ومن الطفيليات المميتة طفيل الملاريا، ومن الطفيليات التي تسبب الأمراض المستديمة البلهارسيا، ومن الطفيليات التي تسبب العاهات الدائمة طفيلي داء الفيل

Wuchereria (منظمة الصحة العالمية، 2020). حيث سنركز دراستنا على الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض.

1-1- أنواع البعوض الناقل للأمراض الطفيلية

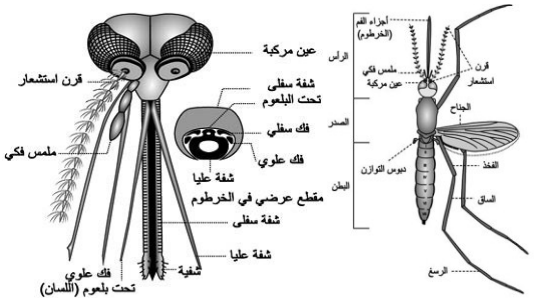
البعوض *Mosquitoes* هو من أهم الحشرات الناقلة للأمراض بين البشر، حيث تصيبه بأمراض بسبب نقلها للفيروسات والبكتيريا والطفيليات. البعوض حشرات صغيرة تنتشر في معظم أنحاء العالم، تكثر أنواعها في المناطق المعتدلة والاستوائية. تتغذى إناثها بدم الفقاريات بما في ذلك الإنسان، وهي إضافة إلى ما تُحدِثُه من مضايقة بلدغاتها المؤلمة، تُعد من أكثر الحشرات تهديداً لحياته بسبب قدرة أنواع منها على نقل العديد من مسببات الأمراض كالملاريا والحمى الصفراء وحمى الضنك وحمى الوادي المتصدع وداء الفيل. ينتمي البعوض إلى عائلة البعوضيات *Culicidae*، التي تتبع رتبة ثنائيات الأجنحة *Diptera*، من صف الحشرات *Insecta*، ضمن شعبة مفصليات الأرجل *Arthropoda*. يعرف من هذه العائلة حتى اليوم أكثر من 3500 نوع، وتضم ثلاث تحت العائلة *Subfamilies*، هي: تحت العائلة البعوض العادي *Culicinae*، وتحت عائلة البعوض الخبيث *Anophelinae*، وتحت عائلة بعوض الفيلة *Toxorhynchitinae*. ومن أشهر أجناس البعوض الناقل للأمراض الطفيلية: البعوض الخبيث (أنوفيليس) *Anopheles*، والبعوض البرغش *Culex*، والبعوض الزاعِج *Aedes* (Norbert وآخرون، 2010).

والجدول التالي يوضح أنواع البعوض الناقل للأمراض الطفيلية:

الناقل		المرض الذي يسببه	نوع المُمرض
البعوض	الزاعج	داء الفيل	طفيلي
	الأنوفيليس	الملاريا	طفيلي
		داء الفيل	طفيلي
	الكيوليكس	داء الفيل	طفيلي

الوثيقة 2-1: جدول يوضح أنواع البعوض الناقل للأمراض الطفيلية

المصدر: منظمة الصحة العالمية، W.H.O، 2020



الوثيقة 2-2: رسم تخطيطي يوضح أقسام الجسم لدى البعوض وأجزاء الفم

المصدر: موسوعة العلوم والتقانات، arab-ency-tech، 2015

1-1-1- بعوضة الأنوفيليس

بعوضة الأنوفيليس *Anopheles*، هي جنس من البعوض من فصيلة البعوضيات *Culicidae*، تتفرع إلى حوالي 400 نوعاً، ثمانية أنواع منها فقط تنقل طفيليات المتصورة المنجليّة المسببة لداء البرداء (الملاريا). أشهر أنواع الأنوفيليس هي أنثى الأنوفيليس الغامبية *Anopheles gambiae*، لأنها أهم ناقل للمتصورة المنجلية التي تسبب أكثر أشكال مرض الملاريا وخامةً. بالإضافة إلى ذلك، ينقل البعوض الغامبي الديدان الفخرية البنكروفتية، التي تسبب داء الفيلاريات اللمفاوية، ومن أعراضه داء الفيل.

تتميز الأنوفيليس الغامبية بأنها تفضل المناطق الرطبة داخل المنازل، والملمس الفكي الطويل، وتقف الإناث أثناء التغذية بزاوية حادة أو قائمة على سطح الجلد، البيض يتواجد فرديا وعلى جانبيه وسائد هوائية لكي يطفو البيض على الماء، واليرقات لها شعيرات راحيــة ممتدة على طــول الجســم تساعدهــا على الطفــو (Wikipedia، 2024).

الوثيقة 2-3: صورة لأنثى بعوض الأنوفيليس الغامبية *Anopheles gambiae*

المصدر: موسوعة ويكيبيديا، 2002

1-1-2- بعوضة الزاعج

البعوض الزاعج *Aedes*، هي جنس من البعوضيات، يضم جنس الزاعج حوالي 700 نوع. توجد في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. ألوانه متناسقة بين الأسود والأبيض، وتتفاوت أحجامه تبعاً للنوع، والملمس الفكي قصير، وتقف البعوضة بشكل موازٍ للسطح في أثناء تغذيها. تضع الزاعجة بيوضها قرب المياه الآسنة وعلى ضفاف الأنهار والبحيرات وفي شقوق الأشجار. بعض أنواع الزاعجة ينقل أمراضا خطرة مثل متلازمة غيلان باريه وحمى الضنك والحمى الصفراء وشيكونغونيا. منها الزاعجة البولينيزية *Aedes polynesiensis* أو بعوضة النمر البولينيزية *Polynesian tiger mosquito* تنتشر في جنوب المحيط الهادي (منطقة أوقيانوسيا)، وهي مسؤولة عن انتقال مرض داء الفيل (Wikipedia، 2024).

ومن أهم أنواع الزاعج، نجد الزاعجة المصرية *Aedes aegypti* وهي صغيرة إلى متوسطة الطول 4-7 ملم، تتميز بحراشف بيضاء على الصدر تظهر بشكل الكمان، ويمكن أن توجد على البطن المعتم أيضاً حراشف بيضاء، وتوجد بقع بيض على قاعدة كل قطعة رسغية للشفع الخلفي من الأرجل. وينقل هذا النوع الفيروسات المسببة للحمى الصفراء وحمى الضنك (Norbert وآخرون، 2010)

الوثيقة 2-4: صورة لأنثى بعوض الزاعجة البولينيزية Aedes polynesiensis

المصدر: وحدة والتر ريد للنظام الحيوي، W.R.B.U، 2009

1-1-3- بعوضة الكيوليكس

البعوض البرغش *Culex*، تفضل أنواعه المياه الراكدة والملوثة، وتمتاز أفراده البالغة بألوان رمادية باهتة، وبملامس فكية قصيرة لدى الإناث، وتقف موازية للسطح المستندة إليه. ومعظم أنواعه ليست ذات أهمية طبية، ولكن بعضها مثل البعوض المُتْعِب *Culex fatigans*، والبعوض البرغش الماص *Culex pipiens*، ينقلان داء الفيل أو مرض الخيطيات، بنقلهما الدودة الفُخَرية البَنكروفتية *Wuchereria bancrofti*، كما ينقلان أيضاً حمى الالتهاب الدماغي (Norbert وآخرون، 2010).

الوثيقة 2-5: البعوض البرغش الماص Culex pipiens

المصدر: موسوعة العلوم والتقانات، arab-ency-tech، 2015

1-2- الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض

الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض، هي الأمراض التي تسببها الطفيليات عن طريق مهاجمة البعوض للبشر. وتشمل الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض مرضين فقط: الملاريا وداء الفيل.

1-2-1- الملاريا

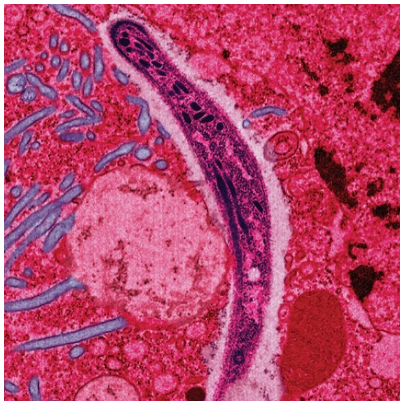
المَلَارْيَا *Malaria* أو البُرَداء أو الأَجَمِيَّة هو مرض طفيلي معدي يسببه طفيلي المتصورة (بلازموديوم)، ينتقل عن طريق لعاب أنثى بعوض الأنوفيليس (إدوار غالب، 1989).

الملاريا مرض يهدد الحياة وينتقل إلى البشر عن طريق بعض أنواع البعوض. وتنتشر الملاريا أساساً في بلدان المناطق المدارية ويمكن الوقاية والشفاء منها. ويمكن أن تكون أعراض المرض خفيفة أو أن تهدد الحياة. والأعراض الخفيفة هي الحمى والرعشة والصداع. أما الأعراض الوخيمة فتشمل التعب والتخليط والنوبات وصعوبة التنفس. ويكون الرضع والأطفال دون سن الخامسة والحوامل والمسافرون والمصابون بالإيدز والعدوى بفيروسه أكثر تعرّضاً لخطر الإصابة بالعدوى الوخيمة بالملاريا. وتشير التقديرات إلى حدوث 249 مليون إصابة بالملاريا و608000 حالة وفاة بسببها في 85 بلداً حول العالم في عام 2022. يتحمّل الإقليم الأفريقي التابع للمنظمة جزءاً كبيراً وغير متناسب من عبء الملاريا العالمي. وقد سُجل في هذا الإقليم في عام 2022 ما نسبته 94% من حالات الإصابة بالملاريا (233 مليون حالة) و95% من الوفيات الناجمة عنها (580000 وفاة). ومثّل الأطفال دون سن الخامسة نحو 80٪ من مجموع الوفيات الناجمة عن الملاريا في الإقليم (منظمة الصحة العالمية، 2023).

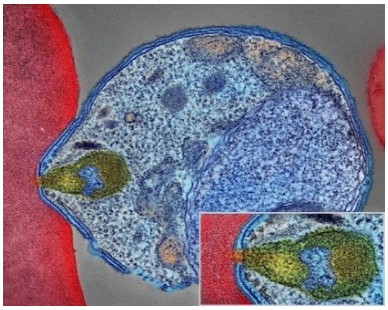
1-2-1-1- الطفيل الممرض

مرض الملاريا سببه طفيلي المتصورة *Plasmodium*، ويوجد 5 أنواع من الطفيليات من فصيلة المتصوّرات التي تسبّب الملاريا لدى الإنسان، منها نوعان يشكلان الخطر الأكبر وهما المتصوّرة المنجلية *Plasmodium falciparum* والمتصوّرة النشيطة *Plasmodium vivax*. والمتصورة المنجلية هي نوع الطفيليات المسببة للملاريا الأشد فتكاً والأكثر انتشاراً في القارة الأفريقية. أما المتصورة النشيطة فهي نوع الطفيليات المسببة للملاريا السائدة في معظم البلدان الواقعة خارج أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. وأنواع الطفيليات الأخرى التي تسبّب الملاريا ويمكن أن تنقل العدوى إلى البشر هي المتصورة الوبالية *Plasmodium vulgaris* والمتصورة البيضوية *Plasmodium ovale* والمتصورة النولسية *Plasmodium knowlesi* (منظمة الصحة العالمية، 2023).

تم اكتشاف طفيلي المتصورة *Plasmodium*، المسبب لمرض الملاريا اول مرة، يوم 6 نوفمبر 1880 في المستشفى العسكري بقسنطينة في الجزائر من قبل طبيب في الجيش الفرنسي يدعى ألفونس لافيران والذي حاز على جائزة نوبل في الطب والفزيولوجيا لعام 1907 عن اكتشافه هذا (ويكيبيديا، 2024).



الوثيقة 2-6: صورة مجهريةٌ إلكترونيةٌ ذات لونٍ زائف للطور البَوْغِيّ من المتصورة

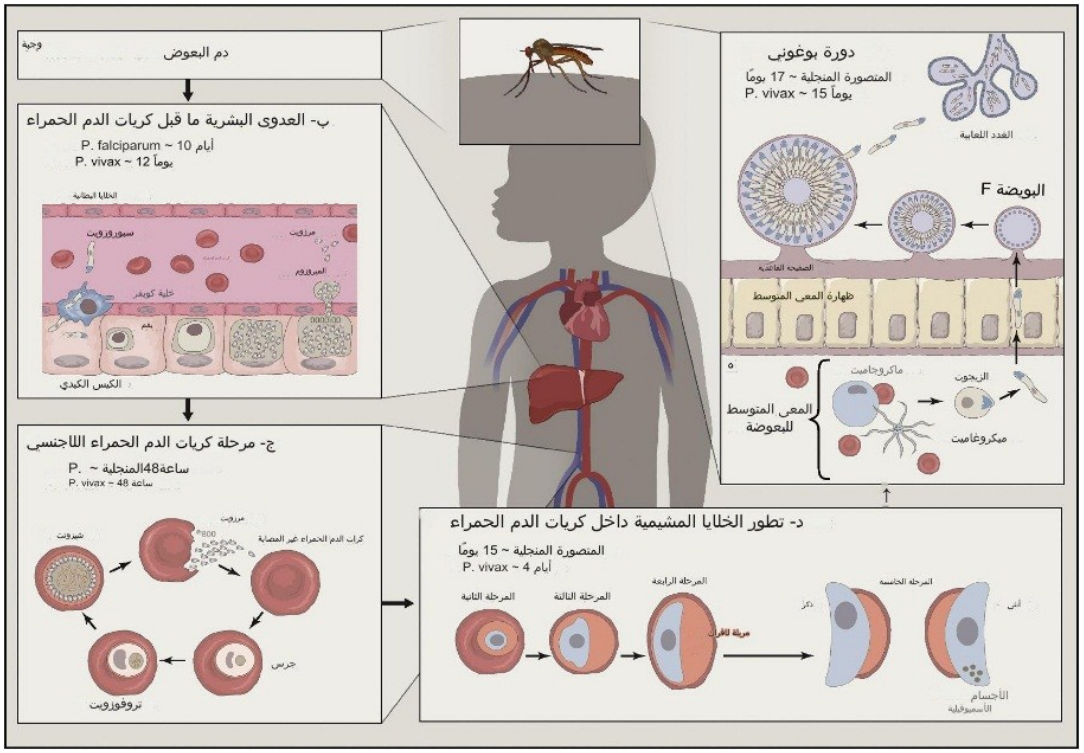


الوثيقة 2-7: صورة مجهرية إلكترونية تظهر طفيل الملاريا ملتصقًا بخلية دم حمراء بشرية. يُظهر الشكل الداخلي تفاصيل نقطة التعلق عند التكبير

1-2-1-2- الإصابة وفترة الحضانة

يصاب البشر بالملاريا أساساً، عن طريق لدغات أنثى بعوض الأنوفيليس الحاملة للطفيل الممرض طفيل المتصورة *Plasmodium*. وقد تنتقل أيضاً عن طريق العدوى بنقل الدم واستخدام الإبر الملوثين بمسببات المرض من هذا الطفيل. وتمر دورة حياة طفيل المتصورة *Plasmodium*، بعدة مراحل نمو في الإنسان والبعوض، الذي ينقله من شخص لديه عدوى الملاريا عن طريق لدغ أنثى بعوضة من نوع أنوفيلس *Anopheles* عادة لشخص مصاب بالملاريا، حيث يمتص الطفيل المسبب للملاريا من دم الإنسان المصاب، ولابد لهذا الطفيل أن ينضج في القناة الهضمية للبعوض ولمدة أسبوع أو أكثر ليكون قادراً علي إصابة شخص سليم، ينتقل بعدها إلى الغدد اللعابية للبعوضة ويسمي هذا الطور بإسم سبوروزيت *Sporozoite*، وعندما تلدغ هذه البعوضة شخصاً سليماً فإن الطفيل ينتقل إلى دم الإنسان في كل مرة تمتص فيها دمه. يهاجر الطفيل مباشرة إلى كبد الإنسان ويدخل خلاياه وينمو فيها متكاثراً، وفي خلال هذه الفترة التي يتواجد فيها الطفيل داخل الكبد لا يشعر الإنسان بأعراض المرض. وبعد فترة تتراوح بين 8 أيام

إلى عدة شهور ينتقل الطفيل من الكبد ليدخل كرات الدم الحمراء، حيث ينمو ويتكاثر بداخلها ثم تنفجر الكرات ليخرج منها أعداد كبيرة من الطفيل، تهاجم كريات دم جديدة ويخرج من الكريات سموم أيضاً مما يؤدي إلى الشعور بالمرض. وفي هذه الفترة إذا تمكن البعوض من لدغ الإنسان المصاب فإنه يمتص الطفيل من الدم ليظل في جسمه لمدة أسبـــوع أو أكثـــر بعدها يصبـــح قادراً على نقـــل المـــرض لشخص آخـــر (Alan وآخرون، 2016).



الوثيقة 2-8: رسم تخطيطي يوضح دورة حياة المتصورة المنجلية

المصدر: Alan F. Cowman وآخرون، Malaria: Biology and Disease، 2016

1-2-1-3- الأعراض والمضاعفات

أول أعراض الملاريا الأكثر شيوعاً هي الحمى والصداع والرعشة. ويبدأ ظهور الأعراض عادة في غضون فترة متراوحة بين 10 أيام و15 يوماً عقب التعرّض للدغة بعوضة حاملة للعدوى. وقد تكون هذه الأعراض خفيفة لدى بعض الأشخاص، وخصوصاً لدى من أُصيب بالعدوى بالملاريا سابقاً. ومن المهم الخضوع لاختبار تحري الملاريا في وقت مبكر لأن بعض أعراض هذا المرض ليست محددة. ويمكن أن يسبب بعض أنماط الملاريا الإصابة باعتلال وخيم والوفاة. ويكون الرضع والأطفال دون سن الخامسة والحوامل والمسافرون والمصابون بالإيدز والعدوى بفيروسه أكثر تعرّضاً لخطر الإصابة بالعدوى. وتشمل الأعراض الوخيمة ما يلي:

- الإرهاق الشديد والتعب.
- اختلال الوعي.
- اختلاجات متعددة.
- صعوبة التنفس.
- البول الداكن أو الدموي.
- اليرقان (اصفرار العينين والجلد).
- نزيف غير طبيعي.

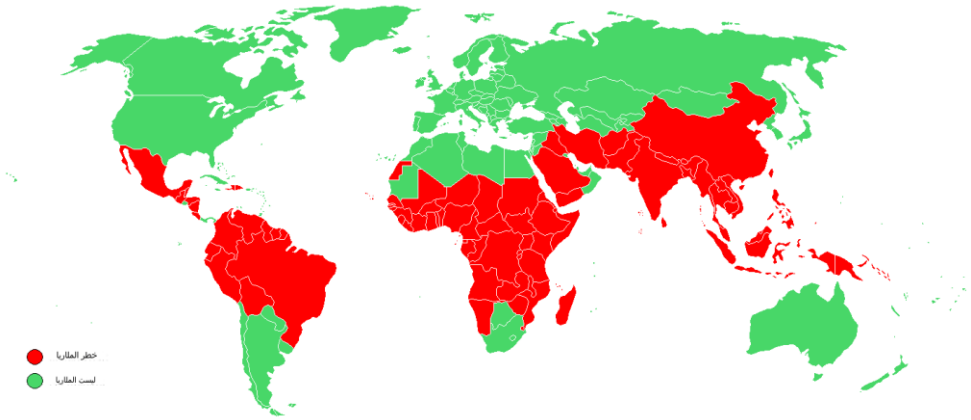
وينبغي أن يحصل الأشخاص الذين تظهر عليهم أعراض المرض الوخيمة على الرعاية الطارئة على الفور. ويمكن أن يحول الحصول على علاج مبكر للملاريا الخفيفة دون تفاقم العدوى بالمرض.

ويمكن أن تسبب الإصابة بالعدوى بالملاريا أثناء الحمل أيضاً، الولادة قبل الأوان أو انخفاض وزن المواليد عند الميلاد (منظمة الصحة العالمية، 2023).

1-2-1-4- التوزيع الجغرافي

وفقاً لما ورد في أحدث تقرير عن الملاريا في العالم، بلغ عدد حالات الإصابة بالملاريا 249 مليون حالة في عام 2022 مقارنة بما مجموعه 244 مليون حالة في عام 2021. وبلغ العدد التقديري لحالات الوفاة الناجمة عن الملاريا 608000 حالة وفاة في عام 2022 مقارنة بما مجموعه 610000 حالة وفاة في عام 2021. ولا يزال الإقليم الأفريقي التابع للمنظمة يتحمّل جزءاً كبيراً وغير متناسب من عبء الملاريا العالمي، حيث سُجل في هذا الإقليم في عام 2022 ما تناهز نسبته 94% من مجموع حالات الإصابة بالملاريا وما نسبته 95% من الوفيات الناجمة عنها. ومثّل الأطفال دون سن الخامسة نحو 78٪ من مجموع الوفيات الناجمة عن الملاريا في الإقليم. وسُجل ما يزيد بقليل على نصف مجموع الوفيات الناجمة عن الملاريا في العالم في أربعة بلدان أفريقية هي نيجيريا (26,8%)، جمهورية الكونغو الديمقراطية (12,3%)، أوغندا (5,1%) وموزمبيق (4,2%). وبلغ عدد البلدان التي أفادت بتسجيل أقل من 1000 حالة محلية المنشأ للإصابة بالمرض 34 بلداً في عام 2022 واقتصر على 13 بلداً في عام 2000. وتكون البلدان التي لم تسجل أي حالة محلية المنشأ للإصابة بالملاريا لمدة 3 أعوام متعاقبة على الأقل مؤهلة لتقديم طلب الحصول على إشهاد منظمة الصحة العالمية على القضاء على الملاريا، وقد حصل

12 بلـــداً منذ عـــام 2015 على إشهـــاد خلـــوها من الملاريـــا، ومن بينهـــا الجزائـــر سنـــة 2019 (منظمة الصحة العالمية، 2023).



الوثيقة 2-9: خريطة مناطق انتشار الملاريا في العالم

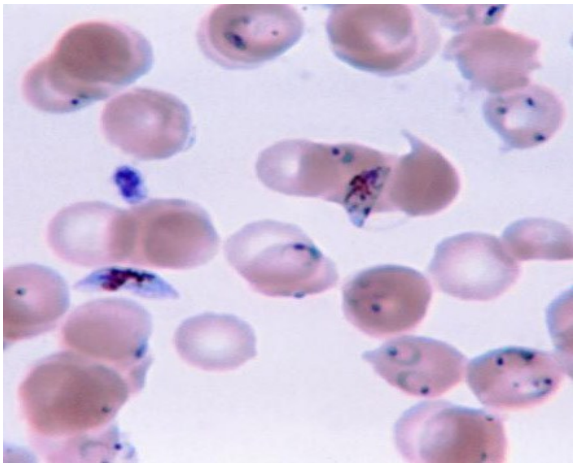
المصدر: موسوعة ويكيبيديا، 2015

1-2-1-5- التشخيص

نظرًا للطبيعة غير المحددة لأعراض الملاريا، يُشتبه في التشخيص بناءً على الأعراض، ثم يتم تأكيده بالفحص المخبري. في المناطق التي تنتشر فيها الملاريا، توصي منظمة الصحة العالمية، الأطباء بالاشتباه في الإصابة بالملاريا لدى أي شخص تظهر لديه أعراض الحمى، أو ارتفاع درجة الحرارة فوق 37.5 درجة مئوية دون أي سبب واضح. يجب أيضًا الاشتباه في الإصابة بالملاريا عند الأطفال الذين تظهر عليهم علامات فقر الدم، أو اختبار معملي يظهر مستويات الهيموجلوبين أقل من 8 جرام لكل ديسيلتر من الدم. في المناطق التي تقل فيها انتشار الملاريا، أو لا ينتشر فيها الملاريا اطلاقًا. توصي منظمة الصحة العالمية باختبار الأشخاص المعرضين للإصابة بالملاريا فقط (عادةً الذين قادمون من مناطق موبوءة بالملاريا).

عادة ما يتم تأكيد الإصابة بالملاريا، عن طريق الفحص المجهري لفيلم الدم Blood film، أو عن طريق اختبارات التشخيص السريع Rapid diagnosis test، المستندة عن البحث عن الأجسام المضادة للطفيل المستضد Antigen في الدم (الأجسام المضادة هي بروتينات ينتجها الجهاز المناعي للمساعدة في الدفاع عن الجسم ضد هجوم معين، بما في ذلك هجوم الطفيليات). يتضمن الفحص المجهري فحص لطخة دم مصبوغة بصبغة جيمزا باستخدام المجهر الضوئي، وتعتبر هي الطريقة المثلى للتشخيص. هناك طريقتين للفحص المجهري، الطريقة الأولى تسمى فيلم الدم السميك Thic blood film، التي تسمح بفحص الدم وتشخيص الاصابة بالملاريا بدون تحديد نوع الطفيل، أما الطريقة الأخرى والأدق تسمى فيلم الدم الرقيق Thin blood testالتي تسمح برؤية الطفيليات الفردية بوضوح وتحديد نوع الطفيلي، وتعتبر أكثر دقة من

فيلم الدم السميك. في ظل ظروف المختبر الميداني النموذجية، يمكن للفحص المجهري اكتشاف الطفيليات عندما يكون هناك ما لا يقل عن 100 طفيلي لكل ميكرولتر من الدم، وهو ما يقرب النطاق الأدنى للعدوى المصحوبة بأعراض. حيث أن التشخيص المجهري يتطلب موظفين مدربين، ومعدات محددة، وكهرباء، وإمدادات ثابتة من شرائح وبقع الفحص المجهري. أما في الأماكن التي لا يتوفر فيها الفحص المجهري، يتم تشخيص الملاريا بطريقة الفحص السريع المستندة عن البحث عن المستضد RDTs، وهي اختبارات مستضد سريعة تكشف عن بروتينات الطفيليات في عينة الدم. تتوفر مجموعة متنوعة من الاختبارات التشخيصية السريعة تجارياً، وتستهدف بروتينات الطفيليات الغنية بالبروتين الغني بالهيستيدين 2 (HRP2، يكتشف المتصورة المنجلية فقط). يستخدم اختبار HRP2 على نطاق واسع في إفريقيا، حيث تسود المتصورة المنجلية ذلك، نظرًا لاستمرار HRP2 في الدم لمدة تصل إلى خمسة أسابيع بعد علاج العدوى، لا يمكن لاختبار HRP2 أحيانًا، التمييز بين ما إذا كان شخص ما مصابًا بالملاريا حاليًا أو أُصيب بها سابقًا. بالإضافة إلى ذلك، تفتقر بعض طفيليات المتصورة المنجلية في منطقة الأمازون إلى جين *HRP2*، مما يعقد عملية الكشف. اختبارات التشخيص السريع RDT سريعة وسهلة الانتشار، في الأماكن التي لا تحتوي على مختبرات تشخيص كاملة. ومع ذلك فإنها تعطي معلومات أقل بكثير من الفحص المجهري، وفي بعض الأحيان تختلف في الجودة من منتج إلى منتج. وتم تطوير الاختبارات المصلية للكشف عن الأجسام المضادة ضد طفيل البلازموديوم في الدم، ولكنها لا تستخدم لتشخيص الملاريا، بسبب ضعف حساسيتها ونوعيتها نسبيًا. تم تطوير اختبارات تضخيم الحمض النووي عالية الحساسية، ولكنها لا تستخدم سريريًا بسبب تكلفتها المرتفعة نسبيًا (W.H.O، 2021).



الوثيقة 2-10: صورة مجهرية للطخة دم مصبوغة بصبغة جيمزا يظهر فيها الأمشاج منجلية الشكل لطفيل المتصورة المنجلية

المصدر: موسوعة ويكيبيديا، 2006

1-2-2- داء الفيل

مرض الفلاريا أو داء الفيل أو الفُيال *Elephantiasis*، داء تتورم فيه الأعضاء تسببه دودة خيطية متطفلة ينقلها بعوض (المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، 1993). عرف مرض الفيل طبيًا بداء الفيلاريات اللمفية *Lymphatic filariasis*. حيث يُعد داء الفيلاريات اللمفي أحد أمراض المناطق المدارية المُهمَلة. وتحدث العدوى بهذا المرض عندما تنتقل الطفيليات الفيلارية إلى الإنسان عن طريق البعوض، وعادة ما تُكتَسب في مرحلة الطفولة، وتُسبِّب ضرراً خفياً للجهاز اللمفي. وتحدث مظاهر المرض الواضحة التي تُسبِّب ألماً وتشوهات شديدة – الوذمة اللمفية وداء الفيل والتورم الصفني – في مرحلة لاحقة من الحياة، وقد تفضي إلى إعاقة دائمة. ولا يعاني المرضى من الإعاقة البدنية فحسب، بل يتعرَّضون أيضاً لأضرار نفسية واجتماعية وخسائر مالية تسهم في وصمهم ووقوعهم في براثن الفقر. وفي عام 2021، كان 882,5 مليون شخص في 44 بلداً يعيشون في مناطق تتطلب حصولهم على العلاج الكيميائي الوقائي لوقف انتشار العدوى. ووفقاً للتقدير العالمي الأساسي للأشخاص المصابين بداء الفيلاريات اللمفي، يعاني 25 مليون رجل من القيلة المائية، ويعاني أكثر من 15 مليون شخص من الوذمة اللمفية. وتلازم هذه المظاهر المرضية المزمنة 36 مليون شخص على الأقل. ومن شأن التخلص من داء الفيلاريات اللمفي أن يقي من المعاناة غير الضرورية، وأن يُسهِم في الحدِّ من الفقر (منظمة الصحة العالمية، 2023).

1-2-2-1- الطفيل الممرض

يحدث داء الفيلاريات اللمفي بسبب العدوى بطفيليات عبارة عن ديدان مجهرية، تُصنَّف ضمن شعبة الديدان الخيطية Phylum: *Nematoda*، طائفة ذوات المستقبلات الكيميائية Class: *Phasmidae*، عائلة الفيلاريدي Family: *Filariidae*. وهناك ثلاثة أنواع من هذه الديدان الفيلارية *filarial worm*:

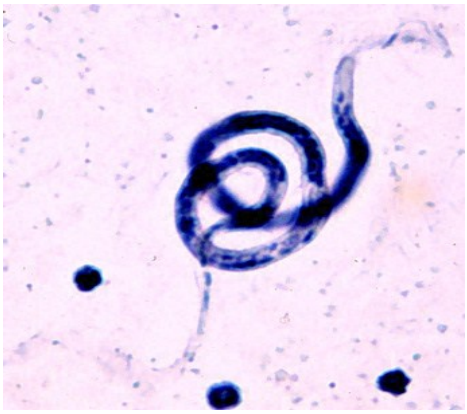
* الديدان الفخرية البنكروفتية *Wuchereria bancrofti*، وهي مسؤولة عن 90% من حالات العدوى، تنتشر في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية في أفريقيا وآسيا والمحيط الهادئ، والأمريكيَّتين، وهايتي.

* الديدان البروجية الملاوية *Brugia malayi*، التي تُسبِّب معظم الحالات المتبقية، تنتشر في جنوبي وجنوب شرقي آسيا.

* الديدان البروجية التيمورية *Brugia timori*، التي هي سبب نادر للمرض. تنتشر في جنوبي وجنوب شرقي آسيا (Chelsea, William، 2022).

الوثيقة 2-11: صورة مجهرية لمسحة دم مصبوغة بصبغة بالهيماتوكسيلين يظهر فيها دودة الفخرية البنكروفتية Wuchereria bancrofti

المصدر: موسوعة ويكيبيديا، 2006



الوثيقة 2-12: صورة مجهرية لمسحة دم مصبوغة بصبغة جيمزا يظهر فيها دودة البروجية الملاوية Brugia malayi

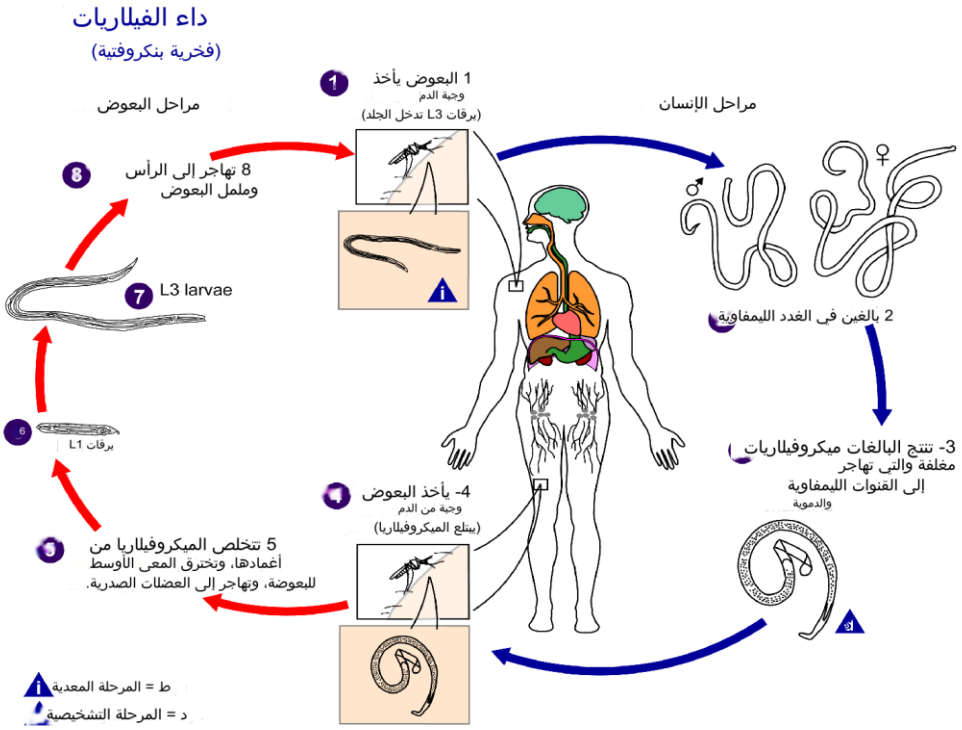
المصدر: موسوعة ويكيبيديا، 2005

1-2-2-2- الإصابة وفترة الحضانة

يصاب البشر بداء الفيل أساساً، عن طريق لدغات أنثى البعوض. حيث ينتقل داء الفيلاريات اللمفية عن طريق أنواع مختلفة من البعوض منها، بعوض الباعضة *Culex* الذي ينتشر انتشاراً واسعاً في المناطق الحضرية وشبه الحضرية، وبعوض الأنوفيليس *Anopheles* الذي يوجد في المقام الأول في المناطق الريفية، وبعوض الزاعجة *Aedes* الذي يتوطن جزر المحيط الهادئ في المقام الأول.

وتنتقل العدوى بالفيلاريات المصغّرة إلى البعوض عن طريق امتصاص الدم، عند لدغ المصاب بالعدوى. وتنضج الفيلاريات المصغّرة لتتحول إلى يرقات مُعدِية داخل البعوضة. وعندما يلدغ البعوض الحامل للعامل الممرض الإنسان، تترسب اليرقات الطفيلية البالغة على الجلد الذي يمكنها أن تنفذ من خلاله إلى داخل الجسم. وتنتقل اليرقات بعد ذلك إلى الأوعية اللمفية حيث تتحول إلى ديدان بالغة، لتستمر بذلك دورة انتقال العدوى.

وتستقر الديدان البالغة في الأوعية اللمفية، وتؤدي إلى اضطراب في الوظائف الطبيعية للجهاز اللمفي. وتستطيع الديدان البقاء على قيد الحياة لفترة تتراوح في المتوسط بين 6 و8 سنوات، تنتج خلالها ملايين الفيلاريات المُصغَّرة (اليرقات غير الناضجة) التي تدور في الدم (منظمة الصحة العالمية، 2023).



الوثيقة 2-13: رسم تخطيطي لدورة حياة طفيل دودة Wuchereria bancrofti مسبب داء الفيلاريات اللمفاوية

المصدر: موسوعة ويكيبيديا، 2003

1-2-2-3- الأعراض والمضاعفات

تتضمن أعراض العدوى بالفيلاريات اللمفية ومضاعفاتها 3 حالات. حالات عديمة الأعراض، وحالات حادة، وحالات مزمنة.

تكون معظم حالات العدوى عديمة الأعراض، فلا توجد علامات خارجية تدل على الإصابة بالعدوى، ويُسهم ذلك في انتقال الطفيلي. وتُلحق حالات العدوى العديمة الأعراض هذه الضرر بالجهاز اللمفي والكليتين وتُحدِث تغييراً في الجهاز المناعي للجسم.

وعندما يتحول داء الفيلاريات اللمفية إلى مرض مزمن يؤدي إلى وذمة لمفية (تورم الأنسجة) أو داء الفيل (تضخم الجلد أو الأنسجة) الذي يصيب الأطراف، والقيلة المائية (التورم الصفني). ويُعد تأثر الثديين والأعضاء التناسلية شائعاً. وغالباً ما تُفضِي هذه التشوهات البدنية إلى الوصم الاجتماعي، وتدهور الصحة

النفسية إلى دون المستوى الأمثل، وفقدان فرص الحصول على الدخل، وزيادة النفقات الطبية التي يتحمَّلها المرضى والقائمون على رعايتهم. ناهيك عن الأعباء الاجتماعية والاقتصادية الفادحة للعزلة والفقر.

وعادة ما تصاحب الوذمة اللمفية المزمنة أو داء الفيل المزمن نوبات حادة من الالتهاب الموضعي تؤثر على الجلد والعُقد اللمفية والأوعية اللمفية. وتتسبب استجابة الجسم المناعية للطفيل في بعض هذه النوبات. وينتج معظمها عن عدوى بكتيرية ثانوية تصيب الجلد حيثما فقَد جزءاً من الدفاعات الطبيعية بسبب الضرر الأساسي الذي لحق بالجهاز اللمفي. وتُسبِّب هذه النوبات الحادة الضعف والوهن، وقد تستمر لأسابيع (منظمة الصحة العالمية، 2023).

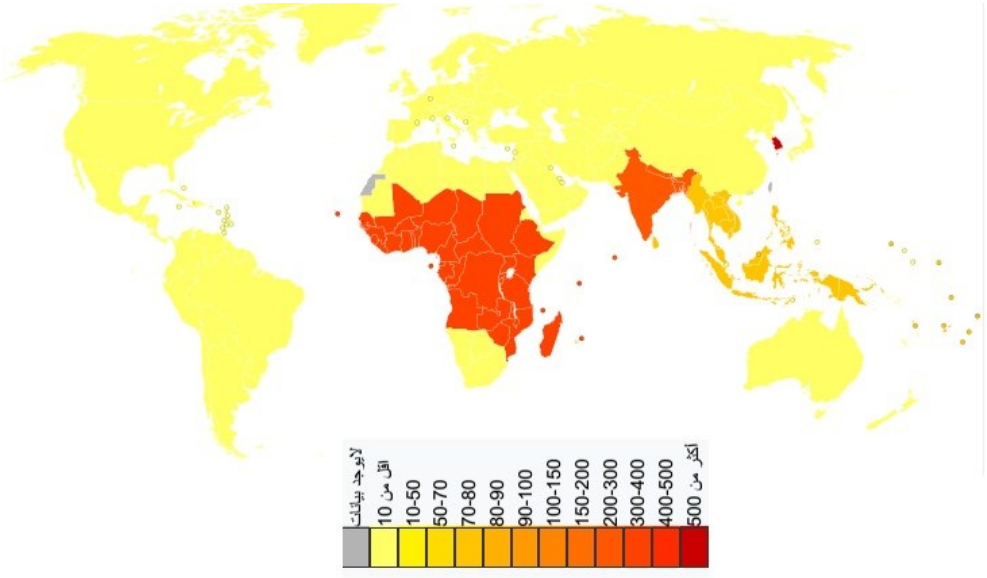
الوثيقة 2-14: صورة داء الفيل في الساقين بسبب داء الفيلاريات، لإمرأة في البرازيل

المصدر: منظمة الصحة العالمية، 2015

1-2-2-4- التوزيع الجغرافي

يعد داء الفيل الناجم عن داء الفيلاريات اللمفاوية أحد الأسباب الأكثر شيوعًا للإعاقة الدائمة في العالم، فاعتبارًا من عام 2018، أصيب 51 مليون شخص بداء الفيلاريات اللمفاوية، وكان ما لا يقل عن 863 مليون شخص في 50 دولة يعيشون في مناطق تتطلب علاجًا كيميائيًا وقائيًا لوقف انتشار العدوى. وبحلول عام 2022، انخفض معدل الانتشار إلى حوالي 40 مليونًا، ولا يزال المرض متوطنًا في 47 دولة. هذه التحسينات هي نتيجة مباشرة للبرنامج العالمي لمنظمة الصحة العالمية للقضاء على داء الفيلاريات اللمفاوية. فمنذ التنفيذ، لم يعد 740 مليون شخص بحاجة إلى العلاج الكيميائي الوقائي لعلاج المرض. حيث يحدث داء الفيلاريات اللمفية في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية في أفريقيا وآسيا وأمريكا الوسطى ومنطقة البحر الكاريبي وأمريكا الجنوبية وبعض دول جزر المحيط الهادئ. ففي أمريكا الجنوبية،

تعمل أربعة بلدان يتوطنها داء الفيلاريات اللمفاوية على التغلب على الداء، وهي البرازيل، وجمهورية الدومينيكان، وغيانا، وهايتي. فيما داء الفيلاريات اللمفاوية غير شائع للغاية في الولايات المتحدة، حيث تم الإبلاغ عن حالة واحدة فقط في ولاية كارولينا الجنوبية في أوائل القرن العشرين (منظمة الصحة العالمية، 2023؛ Fontes وآخرون، 2020).



الوثيقة 2-15: خريطة مناطق انتشار داء الفيل في العالم حسب عدد حالات الاصابة

المصدر: موسوعة ويكيبيديا، 2020

1-2-2-5- التشخيص

يتم تشخيص داء الفيلاريات اللمفاوية، عبر طريقتين، فحص عينة الدم أو تحاليل الدم. حيث يقوم الأطباء بتشخيص الداء عندما يتعرفون على الميكروفيلاريا في عينة من الدم أو خزعة من الأنسجة اللمفاوية التي يتم فحصها تحت المجهر، وعند إجراء التصوير بالموجات فوق الصوتية، يمكن رؤية الديدان البالغة وهي تتحرك في الأوعية الليمفاوية المتسعة. كما تم تطوير اختبارات الدم التي يمكنها التعرف بسرعة على علامات العدوى (مثل الأجسام المضادة للدودة، وهي بروتينات ينتجها الجهاز المناعي للمساعدة في الدفاع عن الجسم ضد هجوم معين، بما في ذلك هجوم الطفيليات) ومع ذلك، فإن قيمة اختبارات الدم محدودة لأنها لا تستطيع التمييز بين الديدان التي تسبب داء الفيلاريات اللمفاوية وبعض الديدان الأخرى ولا بين الديدان التي تسبب داء الفيلاريات اللمفاوية وبعض الديدان الأخرى، من العدوى الماضية والحالية (Chelsea, William، 2022).

حيث تبقى الطريقة المفضلة لتشخيص داء الفيلاريات اللمفاوية هي العثور على الميكروفيلاريا عن طريق الفحص المجهري للدم. عادة ما تكون عينة الدم على شكل مسحة سميكة، ملطخة بصبغة جيمسا.

يجب أن يكون الفنيون الذين يقومون بتحليل لطخة الدم قادرين على التمييز بين *Wuchereria bancrofti* والطفيليات الأخرى التي يحتمل وجودها. تعتبر لطخة الدم أداة تشخيصية بسيطة ودقيقة إلى حد ما، بشرط أن يتم أخذ عينة الدم أثناء وجود الميكروفيلاريا في الدورة الدموية الطرفية. ونظرًا لأن الميكروفيلاريا لا تنتشر إلا في الدم ليلاً، فيجب جمع عينة الدم ليلاً، وغالبًا ما يكون من الصعب أو المستحيل اكتشاف الكائن المسبب للمرض في الدم المحيطي، حتى في الحالات المتقدمة. في مثل هذه الحالات، يمكن أيضًا استخدام اختبار مصل الدم للأجسام المضادة للمرض. يمكن أيضًا إجراء اختبار تفاعل البوليميراز المتسلسل للكشف عن جزء صغير جدًا، يصل إلى 1 بيكوغرام، من الحمض النووي الفيلاري. يمكن الكشف عن الديدان الميتة والمتكلسة عن طريق فحوصات الأشعة السينية. يمكن أيضًا استخدام التصوير بالموجات فوق الصوتية للكشف عن الحركات والضوضاء الناتجة عن حركة الديدان البالغة (Wikipedia، 2024).

2- الوقاية من الأمراض الطفيلية ومعالجتها

2-1- الوقاية

2-1-1- الوقاية من الملاريا

يمكن الوقاية من الملاريا بتجنب لدغات البعوض أو تناول الأدوية. وينبغي للمسافرين المتوجهين إلى مناطق يشيع فيها انتشار الملاريا أن يستشيروا الطبيب قبل السفر بخصوص تناول الأدوية مثل الأدوية للوقاية الكيميائية.

ويمكن الحد من خطر الإصابة بالملاريا من خلال تجنب لدغات البعوض على النحو التالي:

- إستخدام الناموسيات عند النوم في أماكن توجد فيها الملاريا
- إستخدام المواد الطاردة للبعوض (التي تحتوي على ثنائي إيثيل طولواميد أو المواد الطاردة للحشرات IR3535 أو Icaridin) بعد الغسق.
- إستخدام الوشائع والمبخرات.
- إرتداء ملابس وقائية.
- إستخدام أغطية النوافذ (منظمة الصحة العالمية، 2023).

*** مكافحة ناقلات الأمراض**

تعد مكافحة ناقلات الأمراض عنصراً حيوياً من استراتيجيات مكافحة الملاريا والقضاء عليها نظراً إلى شدة فعالية مكافحة الناقلات في الوقاية من العدوى والحد من انتقال المرض. والتدخلان الأساسيان في هذا

المجال هما استخدام الناموسيات المعالجة بمبيدات الحشرات والرش الموضعي للأماكن المغلقة. ويهدّد ظهور مقاومة المبيدات الحشرية لدى بعوض الأنوفيليس التقدم المحرز في مكافحة الملاريا على الصعيد العالمي. ووفقاً لما يرد وصفه في أحدث تقرير عن الملاريا في العالم، تشمل التهديدات الأخرى لاستخدام الناموسيات المعالجة بمبيدات الحشرات عدم إتاحة الناموسيات بالقدر الكافي وفقدان الناموسيات بسبب ضغط الحياة اليومية الذي يفوق وتيرة استبدالها وتغير سلوك البعوض الذي يبدو أنه يلدغ في وقت مبكر قبل ذهاب الناس إلى الفراش واستراحتهم في الهـــواء الطلق ممـــا يجنبـــه التعـــرض لمبيـــدات الحشرات (منظمة الصحة العالمية، 2023).

*** الوقاية الكيميائية**

ينبغي للمسافرين المتوجهين إلى المناطق التي تتوطنها الملاريا أن يستشيروا الطبيب قبل المغادرة بعدة أسابيع. وسيحدد الطبيب الأدوية الملائمة للوقاية الكيميائية حسب بلد الوجهة. وفي بعض الحالات، يجب بدء تناول الأدوية للوقاية الكيميائية قبل المغادرة بأسبوعين أو ثلاثة أسابيع. وينبغي تناول جميع الأدوية الوقائية في الموعد المحدد طوال فترة الإقامة في المنطقة المعرضة لمخاطر الملاريا والمواظبة على تناولها خلال 4 أسابيع بعد التعرض الأخير المحتمل للعدوى لأن الطفيليات قد تستمر في الظهور من الكبد خلال هذه الفترة (منظمة الصحة العالمية، 2023).

*** المعالجة الكيميائية الوقائية**

المعالجة الكيميائية الوقائية هي استخدام الأدوية إما بمفردها وإما في تركيبة للوقاية من حالات العدوى بالملاريا وعواقبها. وتقتضي هذه المعالجة إعطاء علاج كامل بدواء مضاد للملاريا للفئات السكانية الضعيفة في أوقات زمنية معينة خلال الفترة التي تكون فيها هذه الفئات أشد تعرضاً لخطر الإصابة بالملاريا، بصرف النظر عما إذا كان الأشخاص الحاصلون على العلاج مصابين بالعدوى بالملاريا.

تشمل المعالجة الكيميائية الوقائية العلاج الكيميائي الوقائي المضاد للملاريا الدائمة والعلاج الكيميائي الوقائي المضاد للملاريا الموسمية والعلاج الوقائي المتقطع المضاد للملاريا أثناء الحمل ولدى تلاميذ المدارس والعلاج الكيميائي الوقائي المضاد للملاريا بعد الخروج من المستشفى وإعطاء الأدوية على أساس جماعي. وتستهدف هذه الاستراتيجيات المأمونة والفعالة من حيث التكلفة تكملة الأنشطة الجارية لمكافحة الملاريا، بما في ذلك تدابير مكافحة ناقلات الأمراض والتشخيص السريع لحالات الإصابة بالملاريا المشتبه فيها وعلاج حالات الإصابة المؤكدة بالأدوية المضادة للملاريا (منظمة الصحة العالمية، 2023).

*** اللقاح**

اعتباراً من 2 أكتوبر 2023، توصي منظمة الصحة العالمية، باستخدام لقاحي RTS,S/AS01 وR21/Matrix-M للوقاية من الملاريا لدى الأطفال. وينبغي تقديم لقاحات الملاريا ضمن جدول من 4 جرعات للأطفال من عمر 5 أشهر تقريباً. وتتصدى لقاحات الملاريا لطفيلي المتصورات المنجلية، وهو طفيلي الملاريا الأكثر فتكاً على مستوى العالم والأكثر انتشاراً في القارة الأفريقية.

وأوصت المنظمة أولاً بلقاح الملاريا RTS,S للوقاية من الملاريا لدى الأطفال في أكتوبر 2021. وقد وصل اللقاح إلى أكثر من مليوني طفل في غانا وكينيا وملاوي، من خلال برنامج التطعيم باللقاح المضاد للملاريا منذ عام 2019. وأدى إدخال اللقاح RTS,S في البلدان التجريبية الثلاثة إلى انخفاض بنسبة 13% في معدل الوفيات بين الأطفال في السن المؤهلة للتطعيم، وانخفاض كبير في حالات دخول المستشفيات بسبب الملاريا الوخيمة. وانتهى البرنامج التجريبي بنهاية عام 2023، وتواصل جميع البلدان الثلاثة برامج التطعيم الخاصة بها على المدى الطويل. ويبدأ طرح لقاحي الملاريا على نطاق أوسع في بلدان إضافية في هذا العام 2024 (منظمة الصحة العالمية، 2023).

2-1-2- الوقاية من داء الفيل

حتى الآن لا يوجد لقاح ضد مرض الفلاريا، ولكن طرق الوقاية تتمحور حول تجنب لدغات البعوض والقضاء عليه ببعض الطرق، مثل:

- استخدام الناموسية أثناء النوم ولبس الملابس الطويلة.
- استخدام نباتات طاردة للبعوض مثل نبات النيم.
- تربية أسماك الجامبوزيا التي تتغذى على يرقات البعوض.
- ردم البرك والمستنقعات (Colin Tidy، 2023).

*** مكافحة النواقل**

تُعد مكافحة البعوض استراتيجية مُكمِّلة تدعمها المنظمة. وتُستَخدَم هذه الاستراتيجية للحدِّ من انتقال العدوى بداء الفيلاريات اللمفية وسائر الأمراض التي ينقلها البعوض. وهناك تدابير قد تساعد على حماية الأشخاص من العدوى مثل الناموسيات المُعالَجة بمبيدات الحشرات أو الرش الثمالي داخل المباني أو تدابير الحماية الشخصية، وهي تتوقف على نوع الطفيل الناقل للمرض. ومن شأن استخدام الناموسيات المُعالَجة بمبيدات الحشرات في المناطق التي يمثل فيها بعوض الأنوفيليس الناقل الرئيسي للفيلاريات أن يُعزِّز الأثر

الواقع على انتقال العدوى خلال حملات إعطاء الأدوية على نطاق جماهيري وبعدها. وقد أسهمت مكافحة النواقل في بعض المواقع في الماضي في التخلص من داء الفيلاريات اللمفي في غياب العلاج الكيميائي الوقائي الواسع النطاق (منظمة الصحة العالمية، 2023).

2-2- المعالجة

2-2-1- علاج الملاريا

يساهم التبكير في تشخيص الملاريا وعلاجها في تخفيف وطأتها والوقاية من الوفيات الناجمة عنها والحد من انتقالها. وتوصي منظمة الصحة العالمية بتأكيد جميع حالات الإصابة بالملاريا المشتبه فيها باستخدام الاختبارات التشخيصية المعتمدة على تحديد أنواع الطفيليات.

وتُستخدم أدوية متعددة للوقاية من الملاريا وعلاجها. وسيختار الأطباء دواء واحداً أو أكثر من هذه الأدوية بناء على ما يلي:

- نمط الملاريا.
- ما إذا كانت الطفيليات المسببة للملاريا مقاومة للدواء.
- وزن الشخص المصاب بالعدوى بالملاريا أو سنه.
- ما إذا كان الشخص المصاب بالمرض امرأة حاملاً.

وهذه هي الأدوية الأكثر شيوعاً لعلاج الملاريا:

تعد الأدوية بالعلاج المركب المكوّن من مادة أرتيميسينين العلاج الأنجع ضد الملاريا الناجمة عن المتصوّرة المنجلية.

لا يوصى باستخدام دواء كلوروكين لعلاج العدوى بالمتصورة النشيطة إلا في الأماكن التي يظل فيها العلاج مستجيباً لهذا الدواء.

ينبغي إضافة دواء بريماكين إلى العلاج الرئيسي للوقاية من معاودة الإصابة بالعدوى بالمتصورة النشيطة والمتصورة البيضوية.

وتُعطى معظم الأدوية المستخدمة في شكل حبوب. وقد يتعين على بعض الأشخاص الذهاب إلى مركز صحي أو المستشفى لإعطائهم الأدوية حقناً (منظمة الصحة العالمية، 2023).

2-2-1- علاج داء الفيل

يمكن التخلص من داء الفيلاريات اللمفي بوقف انتشار العدوى عن طريق العلاج الكيميائي الوقائي. وتتمثل استراتيجية العلاج الكيميائي الوقائي التي توصي بها المنظمة للتخلص من داء الفيلاريات الليمفاوية في إعطاء الأدوية على نطاق جماهيري. ويتضمن إعطاء جرعة سنوية من الأدوية لجميع السكان المعرضين لاحتمال الإصابة. وتؤثر الأدوية المستخدمة تأثيراً محدوداً على الطفيليات البالغة ولكنها تحد بفعّالية من كثافة المكروفيلارية في مجرى الدم وتمنع تحول الطفيليات إلى بعوض.

ويتوقف المقرر العلاجي الذي يوصى به عند إعطاء الأدوية على نطاق جماهيري على التوطن المشترك بين داء الفيلاريات اللمفاوية والأمراض الفيلارية الأخرى. وتوصي المنظمة بالمقررات العلاجية التالية عند إعطاء الأدوية على نطاق جماهيري:

- ألبندازول (400 مغ) وحده مرتين في السنة في المناطق الموطونة أيضاً بداء اللوائيات.
- إيفرمكتين (200 ميكروغرام/ كلغ) مع ألبندازول (400 مغ) في البلدان الموطونة بداء كلابية الذنب.
- سترات ثنائي إيثيل كارابامازين (6 مغ/ كلغ) وألبندازول (400 مغ) في البلدان غير الموطونة بداء كلابية الذنب.
- إيفرمكتين (200 ميكروغرام/ كلغ) مع سيترات ثنائي إيثيل كارابامازين (6 ملغ/كغ) وألبندازول (400 ملغ) في البلدان غير الموطونة بداء كلابية الذنب وحيث تُستوفى الشروط البرمجية الأخرى.

ويتوقف أثر إعطاء الأدوية على نطاق جماهيري على مدى نجاعة المقرر العلاجي وتغطيته (النسبة الكلية للسكان الذين يتناولون الأدوية). وقد أدى إعطاء المقرر العلاجي الذي يتضمن الدوائين على نطاق جماهيري إلى وقف دورة انتقال العدوى، عند تكراره سنوياً لمدة 4 إلى 6 سنوات على الأقل مع التغطية الفعّالة لكل المجموعة السكانية المعرضة للإصابة. كما استُخدِم الملح المُقوَّى بثنائي إيثيل كارابامازين في عدد قليل من البيئات لوقف دورة انتقال العدوى (منظمة الصحة العالمية، 2023).

*** التدبير العلاجي للإعاقة**

يكتسي التدبير العلاجي من الإعاقة أهمية حيوية في تحسين الصحة العامة، وينبغي لنظام الرعاية الصحية أن يوفرهما لضمان استدامتهما. ويمكن للجراحة أن تخفف من حدة القيلة المائية في معظم الحالات. كما يمكن الحد من الوخامة السريرية وتفاقم المرض، بما في ذلك نوبات الالتهاب الحادة، والوقاية منها باتباع تدابير بسيطة تشمل النظافة والاعتناء بالجلد وممارسة التمارين الرياضية ورفع الأطراف المتضررة.

ويجب أن تتاح الرعاية المستمرة للأشخاص المصابين بالوذمة اللمفية طيلة حياتهم، من أجل التدبير العلاجي من ناحية ومنع تطور المرض إلى مراحل متقدمة من ناحية أخرى. ويهدف البرنامج العالمي للتخلص من داء الفيلاريات اللمفي إلى إتاحة حزمة أساسية من الرعاية لكل الأشخاص الذين تبدو عليهم المظاهر المزمنة المرتبطة بهذا الداء في جميع المناطق التي يوجد بها المرض، بغية التخفيف من معاناتهم وتحسين نوعية حياتهم. وستُحقَّق أهداف التخلص من داء الفيلاريات اللمفي إذا أُتيحت للأشخاص المصابين به الحزمة الأساسية للرعاية التالية:

- توفير علاج لنوبات التهاب العُقد والأوعية اللمفية.
- تقديم إرشادات بشأن تطبيق التدابير البسيطة لعلاج الوذمة اللمفية والقيلة المائية لمنع تفاقم المرض وحدوث نوبات الضعف والالتهاب الناجمة عن التهاب العُقد والأوعية اللمفية.
- إجراء جراحة لعلاج القيلة المائية.
- تقديم علاج من العدوى (منظمة الصحة العالمية، 2023).

ومما سبق تكمن أهمية دراسة علم الطفيليات بصفة عامة، والأمراض الطفيلية المنتقلة للإنسان عن طريق البعوض خاصة. في معرفة الأنواع المختلفة من هذه الطفيليات، والأمراض التي تتسبب فيها. أين تعرفنا على مرضي الملاريا وداء الفيل، والطفيليات طفيلي المتصورة والديدان الفيلارية المتسببان فيهما على التوالي. إضافة لمعرفة دورات حياة Life cycles لهذه الطفيليات، للوصول إلى كيفية التحكم فيها وتقليل مضارها. والتعرف على طرق التشخّيص Diagnosis والكشف على الاصابات المختلفة التي تسببها وطرق انتقالها Mode of Infection، ومعرفة أماكن التواجد والبيئات التي تنتشر فيها Location and ecology، أين كان لقارة أفريقيا المنكوبة النصيب الأكبر لانتشار الإصابات بهذه الأمراض، ونواقلها من أنواع حشرات البعوض الخطرة. والتوصل إلى طرق وأساليب أو عقاقير Cure يمكن بها التخلص من هذه الامراض الطفيلية.

الفصل الثالث: تأثير الاحتباس الحراري على الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض

لقد شهد العالم تغيراً مناخياً ملموساً على مدى المائة عام الماضية، وهذا راجع إلى الأنشطة البشرية التي تسببت في زيادة تركيز الغازات الدفيئة، وبالتالي إلى خلل في درجة حرارة الأرض (الاحتباس الحراري)، وأدت هذه الظاهرة إلى الانتشار السريع للأمـراض التي ينقلها البعوض، مثل الملاريا وداء الفيل.. وبالتزامن مع ظهـور الأمراض المعترف بها حديثًا، زاد معـدل الإصابـة بالطفيليات وتوزيعهـا الجغرافـي بشكـل كبيـر (Singh، 2014).

ويعتبر ثلثا سكان العالم عرضة لخطر الاصابة بالأمراض المنقولة بالنواقل، حيث تعد هذه الاخيرة أكبر مساهم في ظاهرة انتشار العدوى على الرغم من أن العديد من العمليات العالمية، مثل استخدام الاراضي والتغير الاجتماعي والاقتصادي، ويعتقد أنها تؤثر على ديناميكيات الامراض التي ينقلها البعوض، إلا أن الابحاث حتى الأن ركزت بقوة على دور تغير المناخ في ذلك (Dobson، 2009).

وعلى الرغم من أن انتقال MBD يتم تحديده بواسطة العديد من العوامل، بدءًا من مناعة المضيف إلى حركة مسببات الأمراض، إلا أنه تم التركيز بشكل كبير في السنوات الأخيرة على فكرة أن تغير المناخ قد يغير أنماط انتقال MBD، وذلك بالاعتماد على افتراض وجود علاقة وثيقة بين المناخ وقوة العدوى، إن فهمنـا للآليـات الأساسيـة التي تؤثـر علـى دورات انتقـال الأمـراض التي ينقلهـا البعـوض ليس كامـلا (Gubler وآخرون، 2010).

لذا نحن بحاجة لمزيد من الدراسات والابحاث لتوضيح هذه العلاقة، وفهم ديناميكية انتقال الأمراض المنقولة بالبعوض.

1- آلية تأثير الاحتباس الحراري على الامراض الطفيلية المنقولة بالبعوض

1-1- التأثير من خلال الناقل والعامل الممرض

غالبية النواقل هي كائنات خارجية الحرارة صغيرة، لذا فإن سلوكها وتاريخ حياتها وسماتها التفاعلية حساسة بيئيًا. قد يكون للتباين الناتج عن الدوافع البيئية تأثيرات قصيرة أو طويلة المدى على سمات النواقل. في الوقت الحاضر، تأتي معظم البيانات حول هذا النوع من الاختلاف من دراسات حول درجة الحرارة كمحرك. على وجه الخصوص، قامت العديد من الدراسات بقياس آثار التباين في درجة الحرارة البيئية على صفات ودورة حياة النواقل (Kersting وآخرون، 1999).

قد يكون للزيادة في درجة الحرارة تأثيرات على الأجيال القادمة، على سبيل المثال يعد بعوض *Anopheles* المسبب للملاريا، بعوضا متقلب الحرارة وتعتمد دورة حياته بشكل كبير على الحرارة المحيطة (Ciota واخرون، 2014)، ولقد تمت ملاحظة أن بقاء *Anophele gambiae* على قيد الحياة، يزيد بشكل كبير في موسم الأمطار (درجة حرارة منخفضة) مقارنة بموسم الجفاف (درجة حرارة عالية) ، ومع ارتفاع درجات الحرارة من 15 إلى 35 درجة مئوية، انخفض طول عمر البعوضة (Olayemi وآخرون، 2011).

إن كفاءة النواقل هي الاخرى تتأثر بتغير درجات الحرارة، فقد اثبتت دراسة اجراها Watts واخرون (2018)، بأنه بسبب الاحتباس الحراري والارتفاع في درجات الحرارة زادت كفاءة النواقل الحشرية بأكثر من 27% خاصة في المناطق المرتفعة. كما بينت أبحاث أخرى بأن درجة الحرارة المحيطة، تمارس تأثيرا على خاصية أخرى من الخصائص الفردية للحشرة، وهي خصوبة البعوضة فدرجة الحرارة المرتفعة تسبب انخفاضا في الخصوبة، وعلى سبيل المثال فإن متوسط عدد البيض الذي تضعه بعوضة *An. Dirus* و*An. Sawadwongporni* ، يكون أعلى بكثير عند درجة حرارة 23 درجة مئوية من عدد البيض عند درجة حرارة 30 درجة مئوية. وعليه تتأثر الخصائص الفيزيولوجية الفردية للنواقل ومسببات الامراض بالمؤثرات الخارجية الناجمة عن التغير المناخي، مثل معدل هطول الأمطار ودرجة الحرارة تناسبا عكسيا (Mala وآخرون، 2014).

قد يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى تقليل طول العمر، عن طريق تسريع معدل تفاعل العمليات الأيضية المختلفة التي تؤثر على التطور وتاريخ الحياة، قد تؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى زيادة الضرر الناجم عن المنتجات الثانوية لعملية التمثيل الغذائي، مثل أنواع الأكسجين التفاعلية وهذا يمكن أن يجعل البعوض ضعيفًا ويؤدي إلى معدل وفيات مرتفع وبالتالي يقلل من طول عمر البعوض (Keil وآخرون، 2015).

في بعض الأحيان يكون متوسط العمر المتوقع للبعوض البالغ أقصر من الوقت اللازم لتطور الطفيلي في البعوض ولذلك، فإن طول عمر أنثى البعوض البالغة يعد عاملاً مهمًا في نقل الطفيلي (Beck Johnson وآخرون، 2013). على سبيل المثال، تتطلب مسببات الأمراض مثل *Plasmodium falciparum* و *Plasmodium vivax*، فترة حضانة خارجية لا تقل عن 10 أيام حتى تصبح أنثى البعوض معدية قبل انتقال الطفيلي، يجب أن تعيش أنثى البعوض لفترة أطول لتكتسب العامل الممرض عن طريق وجبة الدم، وتعيش بعد فترة الحضانة الخارجية (EIP) ، وتنقل العامل الممرض إلى المضيف أثناء التغذية الدموية المتعاقبة وهو ما يزيد من سرعة انتشار وانتقال الملاريا (Rajatileka وآخرون، 2012).

وفي بحث أجراه Lardeux وآخرون (2001)، في جزيرة بولينيزيا الفرنسية ثبت أن درجات الحرارة العالية، تؤدي إلى انخفاض واضح في مدة الحضانة الخارجية بالنسبة *Wuchereria bancrofti*، وفي عدد اللدغات المعدية بالنسبة للزاعجة البولينيزية، وهي المسؤولة عن 90% من حالات العدوى لداء الفيل. وتتراوح درجة الحرارة المثالية لتكاثر البعوض بين 20–27 درجة مئوية مع زيادة معدل الوفيات فوق 28 درجة مئوية. وعلى العكس من ذلك، فإن الارتفاع الكبير لدرجات الحرارة يؤدي إلى تضاؤل حلات العدوى، بسبب عدم كفاءة النواقل على التكاثر (McNair وآخرون،2011).

1-2- التأثير من خلال الأنشطة والسلوكيات البشرية

إن السلوكيات البشرية التي تتأثر بدرجة الحرارة يمكن أن تزيد من تفشي MBD، كما أن هذا الاخير يتحمل جزءاً كبيراً من مسؤولية الإصابة بهذه الأمراض من خلال تجاهل الاحتياطات اللازمة (An، 2011).

وبالإضافة إلى ذلك، فإن ارتفاع درجة الحرارة على المستوى اليومي أو الشهري أو السنوي سيؤدي حتماً إلى تغيير سلوكيات الإنسان. ويلجأ السكان المحليون إلى برك ومستنقعات المياه الراكدة، سواء للتزود بالمياه أو للتبريد. ولذلك فمن المحتم أن تتزايد الإصابة لأن هذه المناطق تعتبر موائل طبيعية للبعوض. بالإضافة إلى ذلك، سيكون هناك هروب من المناطق الحضرية وشبه الحضرية الخانقة إلى الأدغال والغابات، مما سيعزز الاتصال بين ناقلات المرض والبشر. وفي المناطق الريفية، ينتقل القرويون إلى المرتفعات، وهي الموطن المفضل لبعض أنواع البعوض التي لا توجد في المناطق الحضرية، مما يعزز دورة العدوى ويعقدها. وبسبب الحرارة يضطر السكان إلى النوم خارج الغرف المحمية والتقليل من ارتداء الملابس، مما يزيد من مساحة الجسم المعرضة للعض، خاصة عند الذكور (Khezzani وآخرون، 2017).

لذا فإن احتمال التعرض للدغات البعوض مرتفع في موسم الحرارة، يفضل بعض سكان الريف النوم في الخارج أو في المنازل الخشبية لأنها أكثر برودة من المنازل المبنية بالمعادن أو الأسمنت، حيث يكونون أكثر عرضة للعض من البعوض المصاب (Jones وآخرون، 2021).

1-3- التأثير من خلال العوامل البيئية والاقتصادية والاجتماعية

1-3-1- الاقتصادية والاجتماعية

يمثل البعوض الناقل للأمراض تهديدًا مستمرًا ويسبب 3% من الوفيات العالمية سنويًا. وللبحث في تأثير العوامل الاقتصادية والاجتماعية المختلفة على انتشار المرض وتوقع توزيعها استخدمت مجموعة بيانات واسعة النطاق تضم 23 نوعًا من البعوض الناقل و233 نوعًا من البعوض غير الناقل موزعة في امريكا اللاتينية وربطت بالعوامل الاجتماعية والبيئية. كان الهدف هو التنبؤ بتوزيع البعوض الناقل وغير الناقل وثراء الأنواع بناءً على البيانات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية. لقد وجد أن نقص الخدمات الصحية، والتباين السكاني، والتدهور البيئي والتصنيف بين المناطق الحضرية والريفية ساهم بشكل كبير في تفسير توزيع البعـــوض الناقل (Piabuo، 2017).

وينعكس الوضع الاقتصادي للعديد من الدول الموبوءة، على ضعف الميزانيات المخصصة لقطاع الصحة لذا، فإن الافتقار إلى الكواشف التشخيصية التي يمكن الوصول إليها بأسعار مناسبة في هذه الدول يمثل عائقًا أمام المراقبة المنهجية، مما يؤدي إلى التقليل من تقدير MBD، وعدم الإبلاغ عنها (Baba وآخرون، 2016).

ومن المرجح أن يؤثر الاحتباس الحراري على الصحة العامة من خلال انعدام الأمن الغذائي وتفشي سوء التغذية، مما يؤدي إلى زيادة مناطق الخطر بالنسبة MBD. ويعد الفقر أحد المحددات الاجتماعية الرئيسية في تفشي MBD لأنه يعكس الظروف الاجتماعية والبيئية (Mweya وآخرون، 2013).

في المجتمعات الفقيرة، تكون معظم المنازل مصنوعة من القش والخشب، مما لا يوفر لساكنيها الحماية الكاملة ضد لدغات البعوض. أفاد بحث في بوركينا فاسو أن الأطفال الذين يعيشون في منازل ذات أسقف من صفائح الحديد كانوا أقل عرضة للإصابة بعدوى *Plasmodium falciparum* مقارنة بأولئك الذين يعيشون في منازل تقليدية ذات أسقف طينية لذلك، من المتوقع أيضًا أن تؤدي التنمية الاقتصادية والاجتماعية والتحسينات في جودة الإسكان إلى تعزيز التخفيضات في انتقال MBD. على سبيل المثال، أظهرت دراسة استقصائية أجريت مؤخرا في غامبيا أن رفع المنازل بمقدار 3 أمتار فوق مستوى سطح الأرض يقلل من دخول *An. gambiae* إلى السكن بنسبة 84 % مقارنة بالأكواخ الموجودة على الأرض (Jones، 2021) .

إن النشاط البشري له تأثير مباشر على المناخ في كوكبنا. ففي العقود الأخيرة، أجمع غالبية العلماء على أن للاحتباس الحراري العالمي، تأثير كبير على التوزيع الجغرافي للبعوض وMBD . تظهر المنشورات العلمية التي تم فحصها أن أفريقيا، وخاصة بلدان جنوب الصحراء الكبرى، كانت ولا تزال بؤرة ساخنة لـ MBD على مستوى العالم. لقد ساهمت الظروف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، السائدة في معظم البلدان الأفريقية بشكل فعال في انتشار MBD. إن الوضع الحالي مقلق للغاية، وسوف يصبح أكثر تعقيداً مع تفاقم ظاهرة الانحباس الحراري العالمي. وفي هذا الصدد، ستواجه الأنظمة الصحية في البلدان النامية، صعوبات خطيرة في السياسات الصحية وأنشطة الصحة العامة، للسيطرة على انتشار MBD. ولذلك، يتعين على حكومات البلدان الأفريقية أن تبذل المزيد من الجهود لمكافحة MBD. إلا أن جزءا من المسؤولية يقع على عاتق المجتمع الدولي، وخاصة الدول التي تساهم في ظاهرة الاحتباس الحراري. وفي الختام، أظهر تحليل الأدبيات العلمية أنه مع تزايد أهمية ظاهرة الاحتباس الحراري يؤدي إلى زيادة في انتشار MBD (Khezzani وآخرون، 2022).

ومن المتوقع أن يكون لتقلّبية المناخ آثار غير مباشرة على اتجاهات انتشار MBD، على سبيل المثال، في الحد من فرص الحصول على الخدمات الأساسية لمكافحة MBD وتعطيل سلسلة الإمداد بالناموسيات المشبعة بمبيدات الحشرات وبالأدوية واللقاحات. كما أن نزوح السكان بسبب عواملٍ مرتبطة بتغيّر المناخ قد يؤدي إلى زيادة في عدد حالات الإصابة بـ MBD، حيث يهاجر الأفراد الذين يفتقرون إلى المناعة إلى المناطق الموبوءة (WHO، 2023).

1-3-2- هطول الأمطار

يعد التغير في هطول الأمطار والرطوبة من العوامل المناخية التي يمكن أن تصاحب ارتفاع درجة الحرارة، ويلعب أيضًا أدوارًا مهمة في ديناميكيات تجمعات البعوض لأن الهواء الأكثر دفئًا يحمل المزيد من الرطوبة ويشجع على بقاء البعوض المصاب *ويساهم في* نشاء واستمرار موائل جديدة لتكاثر البعوض، وبالتالي زيادة عدد ناقلات الأمراض، خاصة في المراحل غير الناضجة، في حين أن ارتفاع الرطوبة أكثر ملائمة لبقاء البعوض البالغ على قيد الحياة ومع ذلك، فإن هطول الأمطار الغزيرة يمكن أن يغسل اليرقات والبيض ويقلل عدد البرك الصغيرة، مما يقلل بشكل مؤقت من أعداد البعوض (An، 2011).

ونظرًا لأن جودة مياه التكاثر تعد عاملاً مهمًا في بقاء بيض البعوض، فإن هطول الأمطار المرتفع يساهم في تحسين جودة المياه في الوديان والمستنقعات ويؤدي إلى المزيد من تكاثر البعوض تتوافق وجهة النظر هذه مع ما وجده Alto وJuliano (2001)، في تجربتهما التي تحاكي التفاعل بين الزيادة في درجة الحرارة وقيم هطول الأمطار التي أدت إلى زيادة إنتاج البعوض البالغ .وفي المناطق الساحلية الأفريقية، يمكن أن تؤدي

زيادة هطول الأمطار إلى توسيع مواقع نواقل المياه العذبة مثل *An. gambiae* أفادت دراسة أجريت في زامبيا أنه مقابل زيادة قدرها 1 ملم في هطول الأمطار و10 % في الرطوبة، هناك زيادة في الإصابة بالملاريا بحوالي 2% (Mzyece، 2016).

يؤدي انخفاض هطول الأمطار إلى جفاف الأنهار وتكوين برك، مما يساعد بدوره على إنشاء مواقع جديدة مناسبة لتكاثر البعوض، ويجعل مجموعات اليرقات غير ملائمة للحيوانات المفترسة .بالإضافة إلى ذلك، تضطر المجتمعات الريفية إلى الانتقال للبحث عن المياه، مما يؤدي إلى مزيد من الاتصال بين المضيف والبعوضة في بيئتها. ويتزايد انتقال الأمراض من خلال ندرة مصادر المياه الصالحة للشرب وتلوثها، علاوة على ذلك قد يؤدي فشل المحاصيل والمجاعة إلى تقليل مقاومة المضيف للعدوى من ناحية أخرى، في المناطق الساحلية الأفريقية، يمكن أن يؤدي المناخ الأكثر جفافًا إلى تفضيل النواقل التي تتحمل الملوحة، مثل *An. merus* و *An. melas* ومن ناحية أخرى، فإن التغير في هطول الأمطار سيساهم في انتشار الأمراض المنقولة بالمياه، مما يؤدي بدوره إلى تعقيد الوضع الصحي للمناطق المتضررة ويقلل من مناعة السكان (Khasnis وآخرون، 2005).

1-3-3- التغير في استخدام الأراضي

يؤثر تغير الغطاء الأرضي على الظروف المناخية الدقيقة، مثل درجة الحرارة، والتبخر، وهطول الامطار، وكلها عوامل أساسية لتحديد وفرة البعوض وبقائه على قيد الحياة. ولقد كشفت دراسة أن الموائل المفتوحة الخالية من الأشجار تشهد درجات حرارة أكثر دفئًا في منتصف النهار مقارنة بالموائل الغابية، وتؤثر أيضًا على درجات حرارة الأكواخ الداخلية وكنتيجة لذلك، تم اكتشاف أن الدورة التناسلية لأنثى *An. gambiae* تقصر بمقدار 2.6 يومًا (52%) و2.9 يومًا (21%) خلال مواسم الجفاف والمطر، على التوالي، مقارنة بالمواقع الغابية (Afrane وآخرون، 2005).

كما أن ارتفاع درجات الحرارة القصوى والمتوسط لمواقع التكاثر المائي الموجودة في الأراضي الزراعية يسرع أيضًا من نمو اليرقات ومعدلات التشرنق. وأن التغير في استخدام الأراضي عن طريق استبدال نباتات المستنقعات الطبيعية بالمحاصيل الزراعية أدى إلى زيادة درجات الحرارة القصوى والدنيا بنحو 0.9 درجة مئوية؛ الأمر الذي أدى بدوره إلى ارتفاع معدل الإصابة بالملاريا (Lindblade، 2000).

وفي دراسة لـ Wayant وآخرون (2010)، وجد أن الإصابة بالملاريا كانت مرتبطة بعملية إزالة الغابات، بعد بناء السد العالي في أسوان (مدينة أسوان، مصر)، ارتفع معدل انتشار داء الفيلاريات اللمفية في مصر من 1% في عام 1965 إلى 20% أدت الظروف الجديدة إلى إنشاء وتحسين مواقع تكاثر *Culex*. باختصار

يعد تحليل التغير في استخدام الأراضي بسبب الاحتباس الحراري وآثاره على الموائل والتنوع البيولوجي عملية مهمة لتقييم مخاطر MBD.

1-3-4- التمدن

شهدت العديد من الدول المعنية بعدوى الامراض المتنقلة عن طريق البعوض تمدنا غير مخطط له، ويعد هذا النوع من التمدن عاملاً رئيسياً في زيادة أعداد البعوض. لقد أدى تراكم الحاويات غير القابلة للتحلل في مناطق المعيشة وحولها إلى توفير بيئة مائية دقيقة مناسبة لتكاثر البعوض (Franklinos، 2019).

تنتشر MBD بصفة خاصة في الاحياء الفقيرة، ويمكن أن تساعد البنية التحتية السيئة للصرف الصحي والمياه الراكدة في تكاثر البعوض، في حين أن الحماية المحدودة والكثافة السكانية العالية تعزز انتقال العدوى بين البشر (Murugesan، 2020).

بينت دراسة أجريت في مرتفعات غرب كينيا، أن بقاء بعوضة *An. gambiae* على قيد الحياة في محيط مفتوح، وهو مسبح صناعي كانت نسبة عالية تقدر بـ 50 بالمئة مقارنة بالمناطق الغابية (Tuno وآخرون، 2005).

يعد تحسين ظروف الاسكان في المناطق الموبوءة ضرورة ملحة لمحاربة MBD، ومن المتعارف عليه أن الإسكان عامل خطر مهم للإصابة بالملاريا بالإضافة الى ذلك فإن السكان الذين يعيشون في منازل حديثة لديهم احتمالات أقل للإصابة بالملاريا بنسبة 47% مقارنة بسكان المنازل التقليدية (Franklinos، 2019).

إن تغير المناخ هو أحد التهديدات العديدة التي تواجه الاستجابة العالمية لمحاربة MBD، ولا يزال ملايين الأشخاص محرومين من الخدمات التي يحتاجون إليها للوقاية من MBD وتشخيصها وعلاجها. ولا تزال الصراعات والأزمات الإنسانية وقيود الموارد والتحديات البيولوجية، مثل مقاومة الأدوية والمبيدات الحشرية تعوق التقدم. فعلى الرغم من التقدم الكبير المحرز في توسيع نطاق الحصول على الناموسيات المشبعة بمبيدات الحشرات والأدوية من أجل المساعدة على الوقاية من MBD لدى صغار الأطفال والحوامل، إلا أن عدد الأشخاص المصابين بـ MBD يتزايد يوماً بعد يوم، بعد أن واجهت جهود الاستجابة العالمية لمحاربة MBD، عدداً متزايداً من الأخطار، مثل مقاومة الأدوية ومبيدات الحشرات، والأزمات الإنسانية، والقيود المفروضة على الموارد، وآثار تغير المناخ، وحالات التأخير في تنفيذ البرامج، لا سيما في البلدان التي ترزح تحت عبء ثقيل من MBD (WHO، 2023).

2- الاستراتيجيات اللازمة لمكافحة البعوض وتأثيرات الاحتباس الحراري

ما يقرب من نصف سكان العالم معرضون لخطر الأمراض التي ينقلها البعوض، ويقع العبء الأكبر على السكان المحرومين اجتماعيا واقتصاديا. وقد ساهم كل من التحضر، والعولمة، وتغير المناخ، والتحولات في استخدام الأراضي في عودة ظهور الأمراض التي ينقلها البعوض واتساع نطاقها. إن قدرة البشرية على التحرك لمكافحة الأمراض المتنقلة أو التكيف مع هذه الوضعية تعتمد على قدرتنا على التعرف على الأوبئة مبكرًا، والإحاطة بها بشكل فعال، وتخصيص الموارد المناسبة للعلاج والوقاية (Khasnis وآخرون، 2005) ، حيث يعد الوقت عاملاً مهمًا في تقليل المخاطر الوشيكة لتفاعلات التغيرات المناخية والأمراض المتنقلة بالبعوض وفي هذا الصدد، سيكون من المفيد اتخاذ خطوة حاسمة في الاستعداد للوضع المناخي المقبل بكل الوسائل المتاحة، فالحماية الشخصية ومكافحة ناقلات الأمراض هما الطريقتان الرئيسيتان لتقليل انتقال MBD يمكن أن تساعد التوصيات التالية في تحقيق هذا الهدف:

* **أولاً:** كشفت الأبحاث الحديثة التي أجراها Saleh واخرون (2021) في زنجبار (تنزانيا)، أن استعداد نظام الرعاية الصحية للكشف في الوقت المناسب عن حالات تفشي MBD المختلفة، وإدارتها ومكافحتها كان منخفضًا للغاية. لذا من الضروري الإسراع في تعزيز وإعادة تأهيل الأنظمة الصحية في البلدان الموبوءة، خاصة القارة الافريقية التي ينبغي أن تكون أكثر مرونة للنجاح في إدارة المخاطر الصحية.

* **ثانيًا:** في مناطق العالم المصابة بالعدوى تقام معظم ورش العمل التدريبية للعاملين الصحيين في فترات تفشي المرض ولفترة قصيرة مع تأثير ضئيل أو معدوم .ولذلك، من الضروري تنظيم ورش عمل تدريبية بشكل دوري لتحديث المعرفة والمهارات المتعلقة بالاختبارات التشخيصية المناسبة وآليات الإبلاغ عن الأمراض، بمشاركة خبراء من مجالات مختلفة مثل إدارة قواعد البيانات وعلم الحشرات والتشخيص والتحليل الجغرافي المكاني (Baba وآخرون، 2016).

* **ثالثاً:** أثبتت العديد من الدراسات فعالية الناموسيات، وخاصة الناموسيات المشربة بالمبيدات الحشرية، في مكافحة البعوض ومع ذلك، يجب على الحكومات والسلطات الصحية توفيرها بشكل دائم، مجانًا، أو بأسعار رمزية، خاصة خلال ذروة انتشار البعوض (Killeen وآخرون، 2020).

* **رابعا:** تعتبر البرامج التثقيفية والتوعوية، الموجهة للمجتمعات المحلية أدوات مهمة في تحقيق الأهداف الموضوعة لأي سياسة. ووفقًا لدراسة استقصائية أجريت في باكستان، أدى تقاعس المجتمع أو عدم مبالاته بالبرامج الحكومية التي تهدف إلى القضاء على أعشاش البعوض إلى زيادة الظروف الوبائية فمن المؤكد أن

برامج التوعية التي يتم نشرها على نطاق واسع ستؤدي إلى تغيير السلوك وتعزيز الحماية الشخصية والمجتمعية ضد MBD (Chandra وآخرون، 2021).

* **خامسا:** يتحمل الإنسان جزءا كبيرا من مسؤولية حماية نفسه من خلال ارتداء الملابس الواقية، وتغطية خزانات المياه، وتنظيف البيئة المعيشية، وعدم النوم في الهواء الطلق، والإبـــلاغ عن الحالات المشتبـــه فيهـا (Beck–Johnson وآخرون، 2013).

* **سادسا:** لتحقيق فعالية أكبر في مكافحة MBD، يجب ان يكون هناك انسجام بين الاستراتيجيات التي تنفذها الحكومات، والاستراتيجيات التي وضعها الأكاديميون والمختصون في المجال، لتحقيق أعلى فعالية في مكافحتها وهو الهدف طويل المدى لبرامج المكافحة ومع ذلك، يجب أن تكون سياسات التدخل مناسبة للبيئة المحلية لأن علم الأوبئـــة وكثافـــة انتقـــال مسببات الأمراض وبيئـــة ناقلات الأمـــراض متغيـــــرة جغرافيًا بشكل كبير(Liang وآخرون، 2015).

* **سابعا:** إعادة النظر في الاستراتيجيات التقليدية القائمة على المبيدات الحشرية، مما يستدعي من الدول المعنية بالعدوى تدعيم مسار اعتماد المكافحة البيولوجية وتطوير الأبحاث فيها (Elias وآخرون، 1995).

* **ثامنا:** تكثيـف الجهـود والتنسيـق ووضـــع استراتيجيـات موحـــدة، لمكافحـــة MBD، في البلـدان الموبوءة (Liang وآخرون، 2015).

* **تاسعا:** ينبغي للباحثين والعلمـاء تبادل خبراتـهم وتـــزويد صنـــاع السيـــاسات بالمعلومـــات ذات الصلـــة لوضع خطـط مناسـبة لـــبناء الـــقدرة على الصـــمود في مواجهـة MBD الرئيـس في عالـم أكثـــر دفئا (Badmos وآخرون، 2021).

* **عاشرا:** يوجد عدم تسيير للمساعدات المالية الموجهة للدول الموبوءة وذلك في إطار جهود مكافحة MBD، وهذا التحدي يمثل الهدف الأسمى للتعاون الدولي في هذا المجال (Tozan وآخرون،2021).

* **احدى عشر:** من الصعب حاليا القضاء على MBD في الدول الموبوءة، إلا أن الدراسات العلمية المتخصصة توصلت إلى إمكانية الاستفادة من التجربة الصينية، التي استطاعت القضاء على الملاريا بشكل كامل. كما تخلصت أوروبا رسميًا من الملاريا منذ عام 1975، عن طريق العلاج الكيميائي للمرضى، وتصريف الأراضي الرطبة والمياه الراكدة، وتحسين نظام المياه والبنية التحتية للصرف الصحي، والمكافحة البيولوجية ليرقات البعوض (Talapko وآخرون، 2019).

مما سبق تبين أن الدراسات العلمية تظهر أن تغير المناخ (الاحتباس الحراري) يغير في انتشار وتوزيع الأمراض الطفيلية وكفاءة النواقل المرتبطة بها، وهو ما يشكل تهديدًا مباشرًا لحياة الإنسان. ولا تتسبب الأمراض الطفيلية دائمًا في ارتفاع معدلات الوفيات فحسب ولكن يمكنها أن تعرقل النمو الاقتصادي. وبالإضافة إلى العوامل المناخية المتغيرة، تلعب الظروف الاقتصادية والاجتماعية والسياسية دوراً مهماً في تحديد مدى انتشار هذه الأمراض، والتي تتجاوز مساهمتها في كثير من الأحيان مساهمة العوامل المناخية.

إن مناطق العالم التي من المرجح أن تكون الأكثر تأثرا بتغير المناخ هي تلك التي لا تزال في طور النمو، مع عدم كفاية أنظمة إدارة النفايات، والإمدادات الطبية، والتعليم اللازم للقضاء على الأمراض الطفيلية بشكل فعال من المحتمل أن يؤدي تغير المناخ إلى تفاقم المشكلات التي نواجهها بالفعل، بسبب الأمراض الطفيلية بطريقة سلبية، ولذلك فمن الأهمية بمكان أن نأخذ في الاعتبار هذه الاحتمالات وأن نبدأ في الاستعداد لهذه التغييرات الجارية بالفعل، والتخطيط لطرق للحد من تفشي الأوبئة، وانتشار الأمراض الطفيلية وحدوثها على نطاق عالمي، من خلال اجراءات عاجلة لإبطاء وتيرة الاحترار العالمي، والحد من آثاره، فهناك حاجة الأن أكثر من أي وقت مضى إلى استجابات مستدامة ومرنة.

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة

يعد تغير المناخ والاحتباس الحراري قضية عالمية مهمة حظيت باهتمام كبير في السنوات الأخيرة. تحدث هذه الظاهرة بسبب الأنشطة البشرية مثل حرق الوقود الأحفوري وإزالة الغابات والظواهر الطبيعية مثل البراكين، والتي لها آثار بعيدة المدى على البيئة، حيث تؤثر على جوانب مختلفة من النظم البيئية والموارد الطبيعية لكوكب الأرض. ومن بين هذه الآثار السلبية، هو زيادة انتشار الامراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض.

إن الكثير من العلماء يخشون حاليا، من أن يفسد تغير المناخ التقدم نحو القضاء على العديد من الأمراض. ومنها أمراض المناطق المدارية المهملة، كالملاريا وداء الفيل.. وهي مجموعة من حالات الإعاقة المزمنة التي تتراوح بين الالتهابات الطفيلية، التي تؤثر على أكثر من مليار شخص في جميع أنحاء العالم. وتساهم هذه الأمراض في الدخول في دوامة الفقر والمعاناة من وصمة العار المستمرة، ويصبح العديد من المصابين بها غير قادرين على العمل أو الذهاب إلى المدرسة.. كما تعتبر السيطرة على أمراض المناطق المدارية المهملة أمراً مهماً بالنسبة للوضع الصحي والنمو الاقتصادي للبلدان النامية المعرضة أيضاً لتغير المناخ على نحو غير متناسب.

ويشعر العديد من العلماء والباحثين بالقلق من أن تؤدي التغييرات في درجات الحرارة، إلى فقدان "الاستقرار المستوطن" للأمراض المنقولة عن طريق البعوض، ومن أن تصبح الظروف البيئية مواتية لانتقال الأمراض. وقد أُلقي اللوم بالفعل على ارتفاع متوسط درجات الحرارة السنوية، الذي أدى إلى تزايد أعداد البعوض الناقل للملاريا في المناطق المدارية المرتفعة. في حين يُخشى من ظهور أنماط مماثلة من انتشار أمراض المناطق المدارية الأخرى التي يحملها البعوض، كداء الفيل.

ولكن هناك بعض من الباحثين يعتقدون أن المعلومات المتوفرة لا تكفي لتبرير هذا الإنذار. وقد انقسم العلماء، بشأن مدى التأثير الفعلي لتغير المناخ على جهود السيطرة على أمراض المناطق المدارية المهملة، وما إذا كان ينبغي اعطاؤه أولوية دون غيره من العوامل المحفزة للأمراض. وقال كبير علماء منظمة الصحة العالمية ديباميد كامبل لندرم: "أعتقد أن تغير المناخ يجب أن يضاف إلى مزيج من الأشياء التي نحتاج إلى أخذها بعين الاعتبار. فلا يعارض أحد فكرة أن بعض الأمراض حساسة بشكل واضح تجاه المناخ، لذلك سيكون استبعاد تغير المناخ أمراً غير منطقي".

فمن الضروري إذن، إجراء المزيد من البحث في هذه القضية، حيث أن علاقة تغير المناخ بمكافحة أمراض المناطق المدارية المهملة لا تحظى بالاهتمام الكافي. كما يعتقد أن تغير المناخ من التعقيد بمكان لا يمكن

علماء من تخصص واحد – علماء الوبائيات أو علماء البيئة أو علماء المناخ – فهمه. مما يتوجب زيادة العمل الميداني لدراسة التغيرات البيئية، وإنشاء نظام أفضل لمراقبة أمراض المناطق المدارية المهملة. وهو ما يتوافق مع رأي كورتني موردوك، الباحثة في جامعة ولاية بنسلفانيا، قائلة: "إننا نفتقر إلى الفهم الكافي للبيئة الأساسية للبعوض وطفيلياته، فنحن ما زلنا لا نعرف الكثير عن كيفية تفاعلها مع البيئة وكيفية تأثير تغيرات المناخ المحلي على وظائف أعضائها، وتطور يرقاتها، ونطاق لدغها، وما إلى ذلك. وقد تم بالفعل إنجاز بعض هذه الأعمال في المختبرات، ولكننا بحاجة لتطبيقها بشكل ميداني".

قدمت دراستنا مجموعة من التوصيات والاستراتيجيات، التي يمكن أن تساهم بشكل أو بآخر، بالحد أو التقليل من انتشار تأثير الأمراض الطفيلية المنقولة عن طريق البعوض، المتأثرة بالاحتباس الحراري. ولعل أهمها، أنه يجب على المجتمع الدولي العمل على وضع قواعد قانونية ملزمة بخصوص المسؤولية الدولية البيئية، ليتسنى له محاكمة الدول التي تخالف القانون الدولي للبيئة. نظراً لما تسببه من انتهاكات جسيمة لحقوق الإنسان ترقى في اعتقادنا إلى جرائم في حق الإنسانية.

المراجع

*** المراجع باللغة العربية:**

- **إدوار غالب. 1989.** الموسوعة في العلوم الطبيعية. دار المشرق. لبنان. طبعة 2. مجلد 1. ص 180.
- **الأمم المتحدة. 2018.** العمل المناخي. التعليم عنصر أساسي لمعالجة تغير المناخ. على موقع: https://www.un.org/ar/climatechange/climate-solutions/education-key-addressing-climate-change /.
- **الأمم المتحدة. 2022.** العمل المناخي. تعريف بالطاقة المتجددة. على موقع: https://www.un.org/ar/climatechange/what-is-renewable-energy
- **المنظمة العالمية للأرصاد الجوية. 2021.** نشرة غازات الاحتباس الحراري: عام آخر ورقم قياسي آخر. على موقع: https://wmo.int/ar/media/.
- **المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم. 1993.** المعجم الموحد لمصطلحات علم الأحياء. تونس. سلسلة المعاجم الموحدة 8. ص 126.
- **حسين مصطفى سلامة، فلاح مدوس الرشيدي. 2007.** القانون الدولي للبيئة. القاهرة. المكتبة المركزية. ص 47.
- **رافد عبد النبي ابراهيم الصائغ. 2011.** التقليل من آثار الاحتباس الحراري. مجلة البحوث الجغرافية. جامعة الكوفة. العدد 13. ص 426-427.
- **سامي الطيب ادريس محمد. 2023.** المسؤولية الدولية عن الأضرار البيئية لظاهرة الاحتباس الحراري. مجلة البحوث الفقهية والقانونية. مجلد 35 عدد 40. ص: 1375-1456.
- **سليم علي كريبة. 2024.** الآثار البيئية لتغير المناخ: مراجعة شاملة للأسباب والمظاهر والحلول. مجلة العلوم الطبيعية والحياتية التطبيقية. 8(1): 28-29. doi: 10.26389/AJSRP.S270124
- **صلاح الدين حسن مصطفى. 2008.** التغيرات المناخية. القاهرة. دار النهضة العربي. ص ص 98، 461.
- **عامر محمود طراف. 2005.** أخطار البيئة والنظام الدولي. المؤسسة الجامعية للدراسات والنشر والتوزيع. لبنان. الطبعة 2. ص ص 29، 67.
- **فارس بن دباس عبد الرحمن السويلم. 2016.** النفايات المنزلية بين إعادة التدوير والأضرار الصحية والبيئية. مكتبة العبيكان للتعليم. السعودية. ص 68، 69، 78.

- **فراح عز الدين. 2022.** خطر الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية على البيئة. مجلة الباحث للدراسات الأكاديمية. باتنة. مجلد 9 العدد 2. ص 388-404.

- **فروحات حدة. 2012.** انعكاسات ظاهرة الاحتباس الحراري على الأنظمة البيئية والدول مع الإشارة لمقترحات حلولها. مجلة الدراسات الاقتصادية والمالية. عدد 5. ص 135-150.

- **مجلس حقوق الانسان. 2009.** التقرير السنوي لمفوضة الأمم المتحدة السامية لحقوق الإنسان. الجمعية العامة للأمم المتحدة. 2009/01/15.

- **مركز الاتحاد للأخبار. 2020.** الإعلام سلاح قوي في مواجهة الاحتباس الحراري. على موقع: https://www.aletihad.ae/article/4960/2020/، آخر تحديث: 26 جانفي 2020.

- **منظمة الصحة العالمية. 2020.** الأمراض المنقولة بواسطة النواقل. على موقع: https://www.who.int/ar/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases، آخر تحديث: 2 مارس 2020.

- **منظمة الصحة العالمية. 2023.** داء الفيلاريات اللمفي. على موقع: https://www.who.int/ar/news-room/fact-sheets/detail/lymphatic-filariasis. آخر تحديث: 01 جوان 2023.

- **منظمة الصحة العالمية.2023.** الملاريا. على موقع: https://www.who.int/ar/news-room/fact-sheets/detail/malaria. آخر تحديث: 29 مارس 2023.

- **ويكيبيديا. 2024.** الزاعجة. على موقع: https://ar.wikipedia.org/wiki. آخر تحديث: 8 جانفي 2024.

- **يحي نبهان. 2012.** الاحتباس الحراري وتأثيره على البيئة. دار كنوز المعرفة العلمية للنشر والتوزيع. الأردن. ص 15-16.

- **يوسف حسان الربيعة. 2016.** المسؤولية الدولية عن العدالة المناخية. مطبعة دار النهضة. ص ص 89، 106.

*** المراجع باللغة الأجنبية:**

- Afrane YA, Lawson BW, Githeko AK, Yan G. 2005. Effects of microclimatic changes caused by land use and land cover on duration of gonotrophic cycles of *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) in Western Kenya highlands. Journal of Medical Entomology. 42(6):974–80. doi: 10.1093/jmedent/42.6.974.

- **Alan F.Cowman, Julie Healer, Danushka Marapana, Kevin Marsh. 2016.** Malaria: Biology and Disease. Cell. 167 (3): 610–624. doi:10.1016/j.cell.2016.07.055.
- **Alayat Moufida Saoucen, Bendali-Saoudi Fatiha, Mahmoudi Khaoula, Soltani Nouredine. 2023.** Diversity and spatio-temporal distribution of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Laghouat arid region (Algerian northern Sahara). Oriental Insects. 57(4). doi: 10.1080/00305316.2023.2187892.
- **Altizer, S., Ostfeld, R., Johnson, P., Kutz, S., & Harvell, C. (2013).** Climate Change and Infectious Diseases: From evidence to a predictive framework. Science, 341(6145), 514-519. doi:10.1126/science.1239401.
- **Alto BW, Juliano SA. 2001.** Precipitation and temperature effects on populations of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): Implications for range expansion. Journal of medical entomology. 38(5):646–56. doi: 10.1603/0022-2585-38.5.646.
- **American Institute of Physics (AIP). 2008.** The Discovery of Global Warming. Archived from (HTML: https://history.aip.org/climate/co2.htm) on: 14-10-2008.
- **An Grace. 2011.** Influence of climate on malaria in China. Penn McNair Research Journal. 3(1):1.
- **Baba M, Villinger J, Masiga DK. 2016.** Repetitive Dengue outbreaks in East Africa: A proposed phased mitigation approach may reduce its impact. Reviews in medical virology. 26(3):183–196. doi: 10.1002/rmv.1877.
- **Badmos AO, Alaran AJ, Adebisi YA, Bouaddi O, Onibon Z, Dada A, et al. 2021.** What sub-Saharan African countries can learn from Malaria elimination in China. Tropical medicine and health. 49(1):86. doi: 10.1186/s41182-021-00379-z.
- **Beck-Johnson LM, Nelson WA, Paaijmans KP, Read AF, Thomas MB, Bjornstad ON. 2013.** The effect of temperature on Anopheles mosquito population dynamics and the potential for Malaria transmission. PLoS One. 8(11): e79276. doi: 10.1371/journal.pone.0079276.
- **Bosilkovski Mile, Khezzani Bachir, Poposki Kostadin, Semenakova-Cvetkovska Vensa, Vidinic Ivan, Lioga Arlinda Osmani, Jakimovski Dejan, Dimzova Marija. 2023.** Epidemiological and clinical characteristics of imported falciparum malaria in the Republic of North Macedonia. Wiener klinische Wochenschrift. 135(21-22):609-616. doi: 10.1007/s00508-023-02192-6.
- **Chandra E, Johari A, Syaiful S, Fahri S. 2021.** Alternatives to improve mosquito eradication behavior: A systematic review. Journal of Research Development in Nursing and Midwifery. 18(2):53–59. doi: 10.52547/jgbfnm.18.2.53.
- **Chelsea Marie, William A. Petri, Jr. 2022.** Lymphatic Filariasis. Pharmaceutical company Merck & Co, Merck Manuals. (HTML:

https://www.msdmanuals.com/home/infections/parasitic-infections-nematodes-roundworms/lymphatic-filariasis).

- **Ciota AT, Matacchiero AC, Kilpatrick AM, Kramer LD. 2014.** Effect of temperature on life history traits of *Culex mosquitoes*. Journal of medical entomology. 51:55-62. doi: 10.1603/me13003.

- **Colin Tidy. 2023**. Lymphatic filariasis. Egton Medical Information Systems Limited, UK. Patient. (HTML: https://patient.info/doctor/lymphatic-filariasis).

- **Dobson A. 2009.** Climate variability, global change, immunity, and the dynamics of infectious diseases. Ecology. 90(4):920-927. doi: 10.1890/08-0736.1.

- **Elias M, Islam MS, Kabir MH, Rahman MK. 1995.** Biological control of mosquito larvae by Guppy fish. Bangladesh Medical Research Council bulletin. 21(2):81–86.

- **Environnemental Protection Agency (E.P.A). 2024.** climat change science. United States. (HTML: https://www.epa.gov/climatechange-science/causes-climate-change), last updated: 12-04-2024.

- **Fontes Gilberto, da Rocha Eliana Maria Mauricio, Scholte Ronaldo Guilherme Carvalho, Nicholls Rubén Santiago. 2020.** Progress towards elimination of lymphatic filariasis in the Americas region. International Health. 13 (Suppl 1): S33–S38. doi:10.1093/inthealth/ihaa048.

- **Franklinos Lydia HV, Jones Kate E, Redding David W, Abubakar Ibrahim. 2019.** The effect of global change on mosquito-borne disease. The Lancet Infectious Diseases. 19 (9): 302-312. doi: 10.1016/S1473-3099(19)30161-6.

- **Gubler DJ. 2010.** The Global Threat of Emergent/Re-emergent Vector-Borne Diseases. Vector Biology. in: Ecology and Control. Atkinson PW(Ed). Dordrecht, Springer Netherlands. pp. 39-62. doi: 10.1007/978-90-481-2458-9_4.

- **Holli Riebeek. 2010**. Globale warming. Nasa Earth Observatory. Archived from (HTML: https://earthobservatory.nasa.gov/features/GlobalWarming).

- **Jones RT, Ant TH, Cameron MM, Logan JG. 2021.** Novel control strategies for mosquito-borne diseases. Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences. 376(1818):20190802.
doi: 10.1098/rstb.2019.0802.

- **Kersting U, Satar S, and Uygun N. 1999.** Effect of temperature on development rate and fecundity of apterous Aphis gossypii Glover (Hom. Aphididae) reared on Gossypium hirsutum L. Journal of Applied Entomology. 123(1):23 – 27.
doi:10.1046/j.1439-0418.1999.00309.x.

- **Keil G, Cummings E, De Magalhães J.P. 2015.** Being cool: How body temperature influences ageing and longevity. Biogerontology. 16:383–397.

doi: 10.1007/s10522-015-9571-2.
- **Khasnis AA, Nettleman MD. 2005.** Global warming and infectious disease. Archives of medical research. 36(6):689–696.
doi: 10.1016/j.arcmed.2005.03.041.
- **Khezzani B, Bouchemal S. 2017.** Demographic and spatio-temporal distribution of *Cutaneous leishmaniasis* in the Souf oasis (Eastern South of Algeria): Results of 13 years. Acta tropica. 166:74–80. doi: 10.1016/j.actatropica.2016.11.012.
- **Khezzani B, Baymakova M, Khechekhouche E.A, Tsachev I, 2022.** Global warming and mosquito-borne diseases in Africa: a narrative review. Pan African Medical Journal. 44, 70. doi: 10.11604/pamj.2023.44.70.37318.
- **Khezzani B, 2021.** Should we be concerned about climate change?. Annals of Arid Zone. 60, 149-150.
- **Killeen GF. 2020.** Control of Malaria vectors and management of insecticide resistance through universal coverage with next-generation insecticide-treated nets. Lancet. 395(10233):1394–1400. doi: 10.1016/S0140-6736(20)30745-5.
- **Lardeux F, Cheffort J. 2001.** Ambient temperature effects on the extrinsic incubation period of *Wuchereria bancrofti* in *Aedes polynesiensis*: Implications for Filariasis transmission dynamics and distribution in French Polynesia. Medical and veterinary entomology. 15(2):167–176. doi: 10.1046/j.0269-283x.2001.00305.x.
- **Liang G, Gao X, Gould EA. 2015.** Factors responsible for the emergence of arboviruses; strategies, challenges and limitations for their control. Emerging Microbes & Infections. 4(3): e18. doi: 10.1038/emi.2015.18.
- **Lindblade KA, Walker ED, Onapa AW, Katungu J, Wilson ML. 2000.** Land use change alters Malaria transmission parameters by modifying temperature in a highland area of Uganda. Tropical medicine & international health. 5(4):263–274. doi: 10.1046/j.1365-3156.2000.00551.x.
- **Mala A.O., Irungu L.W., Mitaki E.K., Shililu J.I., Mbogo C.M., Njagi J.K., Githure J.I. 2014.** Gonotrophic cycle duration, fecundity and parity of *Anopheles gambiae* complex mosquitoes during an extended period of dry weather in a semi-arid area in Baringo County, Kenya. International Journal of Mosquito Research. 1 (2): 28-34.
- **Marcia McNutt. 2020.** Climate Change: Evidence and Causes: Update 2020. National Academies of Sciences. Washington, DC. p. 16.
- **Murugesan A, Manoharan M. 2020.** Dengue virus. in: Emerging and Reemerging Viral Pathogens. Ennaji M.M. (Ed). London: Academic Press. pp. 281–359. doi: 10.1016/B978-0-12-819400-3.00016-8.

- **Mweya CN, Kimera SI, Kija JB, Mboera LE. 2013.** Predicting distribution of *Aedes aegypti* and *Culex pipiens* complex, potential vectors of Rift Valley fever virus in relation to disease epidemics in East Africa. Infection Ecology & Epidemiology. 14:3. doi: 10.3402/iee.v3i0.21748.
- **Mzyece H. 2016.** Trends of Climatic Factors and Malaria Incidence in the Low, Moderate and High transmission Zones of Zambia. Zambia. University of Zambia. P 48.
- **Nicholas Stern. 2006.** The Economics of Climate Change. UK Government. pp. 55-143.
- **Norbert Becker, Dusan Petric, Marija Zgomba, Clive Boase, Minoo Madon, Christine Dahl, Achim Kaiser. 2010.** Mosquitoes and their Control, Springer, Germany, 2nd edition. P. 163-186.
- **Nunez Christina. 2019.** Carbon dioxide levels are at a record high. Here's what you need to know. National Geographic. (HTML: https://www.nationalgeographic.com/environment/article/greenhouse-gases).
- **Olayemi I., Danlami G., Isah B., Odeyemi O., Ukubuiwe A., Mustapha OM. 2011.** Indoor behavioral responses of the major malaria vector, *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae), in relation to microclimatic conditions in Minna, north-central Nigeria. Research Journal of Parasitology. 6 (3):109-115. doi:10.3923/jp.2011.109.115.
- **Piabuo SM, Tieguhong JC. 2017.** Health expenditure and economic growth-A review of the literature and an analysis between the economic community for central African states (CEMAC) and selected African countries. Health Economics Review. 7(1):23. doi: 10.1186/s13561-017-0159-1.
- **Rajatileka S., Burhani J., Ranson H. 2011.** Mosquito age and susceptibility to insecticides. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene. 105(5):247-253. doi: 10.1016/j.trstmh.2011.01.009.
- **Saleh F, Kitau J, Konradsen F, Mboera LEG, Schiøler KL. 2021.** Emerging epidemics: is the Zanzibar healthcare system ready to detect and respond to mosquito-borne viral diseases?. BMC health services research. 21(1):866. doi: 10.1186/s12913-021-06867-6.
- **Shahzad Umair. 2015.** Global Warming: Causes, Effects and Solutions. Durreesamin Journal. 1 (4): 2204-9827. (HTML: https://www.researchgate.net/publication/316691239_Global_Warming_Causes_Effects_an d_Solutions).
- **Singh A, Purohit BM. 2014.** Public health impacts of global warming and climate change. Peace Review. 26(1):112–120. doi:10.1080/10402659.2014.876326.

- **Tozan Y, Branch OLH, Rocklöv J. 2021.** Vector-borne diseases in a changing climate and world. In: Pinkerton KE, Rom WN, (Ed). Climate Change and Global Public Health. Cham: Springer; pp. 253–271. doi:10.1007/978-3-030-54746-2_12.
- **Tuno N, Okeka W, Minakawa N, Takagi M, Yan G. 2005.** Survivorship of *Anopheles gambiae* sensu stricto (Diptera: Culicidae) larvae in Western Kenya highland forest. Journal of Medical Entomology. 42(3):270–277. doi: 10.1093/jmedent/42.3.270.
- **U.S. Global Change Research Program (U.S.G.C.R.P). 2017.** The Climate Science Special Report. (HTML: https://science2017.globalchange.gov/chapter/1/).
- **Walter Reed Biosystematics Unit (WRBU). 2021.** *Aedes polynesiensis*. (HTML: https://wrbu.si.edu/vectorspecies/mosquitoes/polynesiensis).
- **Watts N, Amann M, Arnell N, Ayeb-Karlsson S, Belesova K, Berry H, et al. 2018.** The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Shaping the health of nations for centuries to come. Lancet. 392(10163):2479-2514. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32594-7.
- **Wayant NM, Maldonado D, Rojas de Arias A, Cousino B, Goodin DG. 2010.** Correlation between normalized difference vegetation index and Malaria in a subtropical rain forest undergoing rapid anthropogenic alteration. Geospat Health. 4(2):179–190. doi: 10.4081/gh.2010.199.
- **Wei Liu, Michaela I. Hegglin, Ramiro Checa-Garcia, Shouwei Li, Nathan P. Gillett, Kewei Lyu, Xuebin Zhang, Neil C. Swart. 2022.** Stratospheric ozone depletion and tropospheric ozone increases drive Southern Ocean interior warming. Nature Climate Change. 12(4) pp. 365-372. doi: 10.1038/s41558-022-01320-w.
- **Wikipedia, the free encyclopedia. 2024.** *Anopheles gambiae*. (HTML: https://en.wikipedia.org/wiki/Anopheles_gambiae), last updated: 09-05-2024.
- **Wikipedia, the free encyclopedia. 2024.** *Lymphatic filariasis*. (HTML: https://en.wikipedia.org/wiki/Lymphatic_filariasis), last updated: 21-05-2024.
- **World Health Organization (WHO). 2015.** WHO Guidelines for Malaria. 5.1 Diagnosing Malaria. P 68-69.
- **World Health Organization (WHO). 2023.** World malaria report 2023. p. 94-115.
- **Wu X., Liu J., Li C., Yin J. 2020.** Impact of climate change on dysentery: Scientific evidences, uncertainty, modeling and projections. Science of The Total Environment. 714(136702). doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.136702.

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على تأثير الاحتباس الحراري على الأمراض الطفيلية (الملاريا وداء الفيل) المنقولة عن طريق البعوض، وكذلك التعرف على هذه الامراض والمساعدة في القضاء عليها ومنع انتشارها. حيث استخدمت في الدراسة الطريقة السردية التحليلية بالاعتماد على أهم الدراسات العلمية السابقة بهذا الخصوص. توصلت هذه الدراسة إلى ان للاحتباس الحراري تأثير كبير على الامراض الطفيلية وذلك بالتأثير على الطفيلي والناقل، كما ان غياب التوعية البيئية في المجتمعات الفقيرة وانعدام التنمية الاجتماعية ساهم في انتشار هذه الأمراض. واقترحت الدراسة في الأخير انه وبهدف القضاء على هذه الأمراض الطفيلية يجب مكافحة البعوض الناقل لمسببات المرض للتقليل والوقاية منه.

الكلمات المفتاحية: التأثير، الاحتباس الحراري، الأمراض الطفيلية، البعوض.

Impact of global warming on mosquito-borne parasitic diseases

Abstract:

This study aims to identify the effect of global warming on parasitic diseases (malaria and elephants) transmitted by mosquitoes, as well as identifying these diseases and helping to eliminate them and prevent their spread. Where the analytical narrative method was used in the study, relying on the most previous scientific studies in this regard. This study concluded that global warming has a major impact on parasitic diseases by influencing the parasite and carrier, and the absence of environmental awareness in poor societies and the lack of social development contributed to the spread of these diseases. The study suggested in the end that, with the aim of eliminating these parasitic diseases, mosquitoes that transmit disease causes must be combated to reduce and prevent them.

Keywords: impact, global warming, parasitic diseases, mosquitoes**.**