الأمطار الصناعية مشروع لحل مشكلة الجفاف في ليبيا

أ.البشير الطاهر
كلية الاداب – جامعة الزاوية

المقدمة:

إذا كانت الصفة الغالبة على الأرض هي وفرة المياه، ولكن نقصها المستمر يؤدي إلى عرقلة مشاريع التنمية وهجرة الأفراد والجماعات من مناطق نقص المياه إلى المناطق التي تتوفر فيها، ويبدو أنه كما كانت الهجرة والتدافع والتزاحم في القرون التي سبقت القرن السابع عشر إلى مناطق استخراج الذهب والمعادن الثمينة في غرب أميركا الشمالية وغرب استراليا وجنوب أفريقيا. وتغيرت الهجرة في القرون الحديثة إلى مناطق النفط، ومصادر الطاقة في الخليج العربي وشمال أفريقيا، ومن يدري لعله في المستقبل القريب سوف تكون الهجرة والنزوح من مناطق عديدة في العالم مهددة بنقص المياه إلى المناطق التي تتوفر فيها، ويخبرنا تاريخ العالم بأن المياه لعبت دورا كبيرا في بناء العديد من الحضارات وخاصة تلك تدخل ضمن الحضارات الزراعية، ولهذا فالمياه هي سر الوجود والبقاء والاستمرار وازدهار العمران والزراعة والصناعة وغيرها والصفة الاستراتيجية المهمة التي بدأت تكتسبها القضايا المتعلقة بتنمية المصادر المائيّة، وحسن إدارتها واستثمارها، خلال النصف الأخير من القرن الماضي، بادرت العديد من دول العالم إدراج سياستها المائيّة ضمن سياستها الأمنيّة، ولقد بدأت أخيرا تظهر العديد من المصطلحات والشعارات المبتكرة التي تدل بصورة مباشرة وغير مباشرة على الاهتمام المتزايد بقضايا المياه ودورها في التنمية، ومن هذه الشعارات والمصطلحات: (الأمن المائي، الأمن الغذائي، أزمة المياه، الجفاف، التصحر، التلوث، التوازن البيئي، تواصل التنمية، بناء القدرة المؤسسية لإدارة الموارد المائيّة... وغيرها) [(1)].

ونظراً لزيادة الطلب على المياه للاستخدامات الزراعيّ' والصناعيّة والمنزليّة، ولمحدودية الموارد المائية في معظم دول العالم، فقد أصبح العجز المائي واضحًا نتيجة تزايد عدد السكان وظروف التنمية الاقتصاديّة والاجتماعيّة، وعامل الجفاف الذي تكرر في العقود

الأخيرة ومنعكساته السلبيّة على تفاقم أزمة المياه، إذ ينعكس موسم الأمطار الشحيح مباشرة على الزراعة خاصة الزراعة البعليّة، كما يؤثر على المخزون المائي الجوفي، فيؤدي إلى استنزاف مياه الآبار وخاصة الأحواض السطحية.

الهدف:

تهدف عملية الاستمطار إلى:

1-زيادة كميات الأمطار وذلك عبر عملية فيزيائيّة معقدة تقوم على حقن السّحب القابلة لاستمطار المياه من السحب الركاميّة.

2-تعديل ظروف الطقس السائدة وتحسين الأحوال الجوية وزيادة نسبة الموارد الجويّة فوق المناطق والأراضي الزراعيّة المعرضة للجفاف أو المناطق الأخرى الحضاريّة التي تعاني من شدة القيظ وقسوة درجة الحرارة.

3-تجري عملية الاستمطار لتحقيق بعض الأهداف الاستراتيجيّة بعيدة أو قصيرة المدى، مثل زيادة كثافة الغطاء النباتي الصالح للرعي وإعداد ملء السدود وزيادة المخزون المياه الجوفية لاستخدامها مستقبلا.

4-زيادة إدرار السّحابة للأمطار أو القيام بتسريع عملية الهطول من السحب الموجودة في سماء المناطق الجافة شحيحة الأمطار.

مشكلات الدراسة:إن دراسة الاستمطار في ليبيا يدور حوله مشكلات يمكن طرحها في جملة من التساؤلات بالإمكان الاعتماد عليها من أجل الوصول إلى نتائج وتوصيات، وهي كالاتي:

1-هل لتقنية مشروع الاستمطار الصناعي في ليبيا أهمية بيئية واقتصادية .... ؟

2-ماهية طبيعة وخصائص مشروع الاستمطار في ليبيا .... ؟

3-هل مشروع الاستمطار الصناعي يحسّن من كمية الأمطار ويحد من مظاهر الجفاف في ليبيا .... ؟

فرضية الدراسة: أما فرضية الدراسة فإنها تمثل حلول مبدئية للمشكلة المثارة والإجابة عنها، وبذلك تُصيغ الفروض على النحو الآتي:

1-إن مشروع الاستمطار الصناعي له أهمية بيئية واقتصادية يمكن استثمارها في ليبيا.

2-يتميز مشروع الاستمطار الصناعي كونه من المصادر المهمة للمياه العذبة في ليبيا.

3-إن مشروع الاستمطار الصناعي يعدل في عملية زيادة كمية الأمطار ويحد من مخاطر الجفاف.

ماهية الاستمطار:

يعرف الاستمطار بأنّه:

1- عملية استثارة وحفز السّحب والغيوم لإسقاط محتواه من المياه الكامنة أو الثلج المتجمد فوق مناطق جغرافيّة محددة عن طريق استخدام وسائل صناعيّة ومواد كيميائيّة.

2- هو محاولة إسقاط الأمطار من السّحب الموجودة في السماء، سواء ما كان منها مدرًا للأمطار بشكل طبيعيّ، أم لم يكن ذلك.

3- تسريع هطول الأمطار من سحب معينة فوق مناطق بحاجة إليها، بدلا من ذهابها إلى مناطق لا حاجة لها للماء، لظروفها الطبيعيّة الملائمة للإدرار الطبيعيّ.

4- زيادة إدرار السحابة عما يمكن أن تدرة بشكل طبيعي [2]

أثر الموقع الجغرافي على الوضع المائي في ليبيا:

جاء موقع ليبيا الجغرافي في العروض المدرية ، وفي المنطقة الوسطى من ساحل المتوسط الجنوبي، حيث تخلو المنطقة من أية نطاقات جبلية يعتد بها ، مع اختفاء يكاد يكون تاماً لمجاري المياه الدائمة، مقروناً بمناخ صحراوي يصل أثره إلى مياه البحر ذاتها من بعض الجهات [3] ومن خلال هذا فأن الوضع المائي بصورة عامة وللمصادر المائية اللامتجددة بوجه خاص مثلما هو الحال في أحواض المياه الجوفية التي تغذي منظومة النهر الصناعي وبعض الأحواض الأخرى بالإمكان التوصل إلى تقديرات تقريبيّة بكمية الندرة المائيّة من خلال الفروق المتوقعة بين معدلات الاستهلاك ومعدلات التجدد بعد تحديد حد أدنى للمخزون الاحتياطي للمياه، يتوقف عنده السحب من هذا المخزون، ويصبح هذا العجز المائي بين معدلات التجدد ومعدلات الاستهلاك هو كمية المياه التي ينبغي تعويضها عاجلا أم آجلا من مصادر مائيّة بديلة غير تقليديّة. [4]

وقد دفعت أزمة نقص المياه في ليبيا إلى البحث عن بدائل للحدّ من آثار سلبيّة قد تترتب على ذلك مستقبلا، حيث جاء في مقدمة تلك الحلول استمطار السحب صناعيا وهي

إحدى الطرق الإضافيّة الواعدة لتأمين مصادر مياه جديدة تساهم في معالجة مشكلة نقص المياه.

انطلاقا من هذه المعطيات كان لا بدّ لليبيا من اتخاذ الإجراءات الممكنة لتحسين الوارد المائي وسدّ الفجوة بين الطلب على المياه وكمية المياه المتاحة، وذلك باتجاهين متوازيين:

الأول: العمل على استثمار جميع الموارد المائية المتاحة وترشيد استعمالها للأغراض المختلفة خاصة الزراعة.

الثاني: زيادة الواردات المائيّة بزيادة الهطول المطري عن طريق التأثير الفعال على الغيوم صناعيا، حيث لجأت العديد من دول العالم إلى هذه الطريقة لتحصيل الهاطل المطري، وخاصة البلدان الواقعة في المناطق الجافة وشبه الجافة إذ تتراوح فاعلية الزرع بين (5–20%) من الهطول الطبيعيّ في مساحة كبيرة ولفترات زمنية طويلة، والغرض من مشروع استمطار السحب هو محاولات زيادة كمية الأمطار الهاطلة ودعم مخزون مصادر مياه جديدة لحلّ مشكلة نقص المياه ومشكلة حدوث ظاهرة الجفاف.

الثالث: تكمن المعضلة في أن الأدوات والأساليب التي أدت إلى ازدهار التنمية الاقتصادية والاجتماعية، هي نفسها التي بدأت تودي إلى بروز أضرار واضحة، وفي بعض الحالات مدمرة للموارد المائية وبقية الموارد البيئية [5]. وتشير الدراسات الأولية إلى أن استغلال المياه في المجالات المختلفة، قد تعدى بكثير جداً كمية السحب من الخزنات الجوفية، الأمر الذي أدى إلى اختلال التوازن الخاص بالخزان والذي نجم عنه وضع مائي على قدر كبير من الخطورة والأهمية [6].

يمثل شح المياه والجفاف مشكلة كبيرة ومؤرقة لكثير من البلدان، خاصة تلك الواقعة في المناطق الجافة والقاحلة الذي يتميز فيها الطقس بارتفاع درجة الحرارة وشدة القبط، ولقد أسهم انخفاض معدل الأمطار وتزايد موجات الجفاف في الآونة الأخيرة في تفاقم هذه المشكلة وزيادة معاناة الشعوب، وجملة من التداعيات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية الناتجة عنها، وانطلاقا من دور البحث العلمي في تحقيق الرفاهية البشرية وحل المشكلات الطارئة والمزمنة أيا كان نوعها. فقد كان لزاماً على العلم والعلماء التدخل من أجل إيجاد حل ولو مؤقتا لهذه المشكلة المؤرقة. [7]

لقد شهدت العقود الأخيرة اهتماما بالغا ومتزايدا من قبل المختصين بالمناخ والسكان والاقتصاد والزراعة بدراسة كوارث الجفاف ، نظرا لما تمثله من مخاطر بالغة على الأوضاع الاقتصادية والاجتماعية والسياسية والبيئية للدولة ، فهو يؤدي بكل بساطة إلى دمار المحاصيل الزراعية وزيادة أسعارها في الأسواق العالمية ، مما يؤدي بدوره إلى خلق بقع للتوتر الدولي خاصة بالمناطق الفقيرة التي لا تستطيع المنافسة في سوق الغذاء العالمي ، والدليل عدم الاستقرار الذي تشهده الكثير من الدول الأفريقية كالسودان وإثيوبيا واريتريا والصومال .

يعد الجفاف من أعظم الكوارث الطبيعية استدامة، فبالمقارنة نجد أن الزلازل لا تدوم إلا لبضع ثواني أو دقائق، والفيضانات قد تدوم من يوم إلى عدة أيام أو أسابيع، أما كوارث الجفاف فقد تدوم إلى شهور وسنوات متواصلة، علما بأن تكرار حدوث الجفاف يزداد وتزداد حدته مع تناقص معدلات الأمطار السنوية إن تكرار حدوث الجفاف يترجم مباشرة إلى تكرار الكوارث الاقتصادية، وانتشار المجاعات.

الجفاف لا يقتصر أثره على الزراعة والرعي فقط، بل تتضرر منه أنشطة الصناعة والاستعمالات المنزلية وإنتاج الطاقة الكهربائية، فالمياه المتدفقة بكميات كبيرة تمثل وقود التشغيل لمولدات الطاقة الكهرومائية، لذا فإن أي منها يسبب الجفاف، ويؤدي حتما إلى تناقص كميات الطاقة المولدة.

والجفاف ظاهرة جوية متكرر خاصة في الأقاليم شبه الجافة والجافة، فهما جزء من طبيعة النظام المناخي الذي يجب أن نتوقعه وأخذ الاحتياطات اللازمة للتعامل معه، ولا يجب النظر إليه وكأنه حالة استثنائية سرعان ما تزول، ولكن لا نزال غير قادرين على التنبؤ بالأحوال المناخية المستقبلية ، والتعرف على أسباب القحط أو تحديد اتجاهات التبدلات المناخية ، كما لا تتوفر معلومات موثوقة ومستمرة كافية بتحليل القحط والتحذير بمقدمه.

إن الأراضي الجافة توجد في جميع مناطق العالم وتغطي أكثر من 40 في المائة من مساحة الأرض وتؤوي ما يناهز ثلث سكان العالم [8] وتتسم حياة معظم القانتين في الأراضي بالقسوة وكثيرا ما يكون مستقبلهم محفوفا بالمخاطر، فهم يعيشون على لهوامش الإيكولوجية والاقتصادية والاجتماعية.

إذا كان هذا هو وضع المشكلة عالميا، فأن القارة السمراء تأتي في مقدمة قارات العالم من جانب التأثر بالمشكلة حيث أن:

- 32 % من أراضي العالم الجاف موجودة بالقارة الأفريقية.
- 73 % من الأراضي الجاف بأفريقيا المستخدمة لأغراض زراعية قد أصابها التآكل أو التعرية.
- بعض مناطق القارة الأفريقية تفقد أكثر من 50 طن من التربة لكل هكتار من الأراضي سنويا، يعني فقدان 20 بليون طن من النيتروجين و2 بليون طن من الفسفور 41 بليون طن من البوتاسيوم سنويا. (9)
- إن أكثر الأراضي تأثرا في القارة الأفريقية موجودة في سيراليون، ليبيريا، غينيا، غانا، نيجريا، زائير جمهورية أفريقيا الوسطى، إثيوبيا، موريتانيا، النيجر، السودان، الصومال. وبحسب توقعات الأمم المتحدة، سيؤدي تسارع ظاهرة التغير المناخي إلى تزايد الضغط على مصادر المياه بحلول عام 2030، بما قد يهدد حوالي وتعد علوم الاستمطار مشروعاً طموحاً يفتح آفاقاً جديدة في مجال الاستمطار، وذلك من خلال تشجيعه على البحث العلمي المؤدي إلى تطوير الحلول التقنية والمستدامة بهدف ضمان الأمن المائي ومعالجة تحديات شح المياه في العالم ، فقضية المياه هي شأن مشترك للبشرية، وهي تتطلب التعاون لضمان توفير هذا المورد الأساسي نصف سكان العالم بمخاطر شح المياه، وقد حذر تقرير أصدرته الهيئة الحكومية الدولية المعنية العام الماضي من أن ارتفاع الانبعاثات الكربونية قد يؤدي إلى خفض المصادر المتجددة للمياه .

السطحية والجوفية بشكل كبير في المناطق شبه الاستوائية الجافة، ويتوقّع أن تشهد الدول النامية النسبة الأكبر من ارتفاع عدد السكان الإجمالي الذي يتوقع أن يصل إلى 3 مليارات نسمة خلال العقود الثلاثة المقبلة، الأمر الذي يشكل ضغطاً هائلاً على الإمدادات المحدودة لمياه الشرب.

وتواجه المناطق الجافة تحديات عديدة مثل انعدام مصادر المياه الطبيعية، وعدم توافر مصادر مياه متجددة كافية، وانخفاض معدل هطول الأمطار، والنمو العالي للسكان، والنمو الصناعي المتسارع، والنشاط العمراني والحاجة إلى استخدام المياه الجوفية للزراعة، وبذلك

فإن الهدف الرئيسي يكمن في الحفاظ على استدامة المياه وأمنها في هذه الدول التي تعتمد حالياً بشكل رئيسي على تقنيات تحلية مياه البحر المستهلكة لكميات كبيرة من الطاقة.

وبالنسبة إلى الدول الجافة في منطقة الشرق الأوسط وشمالي أفريقيا، فقد أصبحت استدامة المياه من أكثر التحديات الاقتصادية والأمنية الملحة نظراً إلى الطلب المتوقع الناجم عن تسارع ارتفاع عدد السكان. وفي ظل انخفاض إمدادات المياه الجوفية بشكل سريع في المنطقة، فإن ارتفاع نسبة إنتاج المياه من تقنيات تحلية مياه البحر يتسبب في زيادة تكاليف الطاقة التي تضع ضغطاً هائلاً على ميزانيات تلك الدول.

إن المعدل الحالي السريع لاستنزاف المياه في الشرق الأوسط وشمالي أفريقيا قد يضع المنطقة ضمن تصنيف الدول التي تعاني من «شح المياه» بحلول العام 2030. وبحسب تقرير المنتدى العربي للبيئة والتنمية السنوي لعام 2014، يؤثر انخفاض الإنتاج الزراعي ومصادر المياه المحدودة بشكل سلبي على أمن الغذاء. [10]

وفي ظل تصنيف 13 دولة عربية أنها تعاني من ندرة مياه حادة، ويؤكد التقرير أهمية العلاقة بين أمن الغذاء واستدامة المياه.

وفي وقت ترتفع فيه معدلات النمو السكاني وتنخفض فيه مصادر المياه، أصبحت الحاجة إلى إيجاد حلول لضمان أمن المياه العالمي أكبر بكثير من ذي قبل، وكون أمن المياه من أبرز مقومات الأمن الوطني لكل دولة، يزداد الضغط على الدول لتعزيز مرونة قطاع المياه من خلال جهود الأبحاث والتطوير، والاستثمار في تقنيات جديدة، وتطبيق ممارسات أكثر كفاءة للحفاظ على مصادر المياه، وعقد شراكات دولية فعالة في هذا الخصوص.

وانطلاقا من دور البحث العلمي في تحقيق الرفاهية البشرية وحل المشكلات الطارئة والمزمنة أيا كان نوعها ، فقد كان لزاماً على العلم والعلماء التدخل من أجل إيجاد حل ولو مؤقتا لهذه المشكلة المؤرقة [11] ومن الحلول المطروحة بقوة لعلاج قلة الأمطار وحدة الجفاف عموما ،استمطار السحب وحفزها على إسقاط محتواها من بخار الماء والمياه الكامنة فيها من خلال حقن السحب بمواد معينة عن طريق طائرة أو صاروخ لتزيد من عملية التكاثف وتنتهي بتسريع سقوط الأمطار فوق المناطق المحدد ،ولقد بدأ بالفعل تطبيق هذا

النهج ، وأجريت الكثير من التجارب في العديد من دول العلم من بينها : الولايات المتحدة أللأمريكية ،بريطانيا ،المكسيك روسيا ،إسرائيل ،الصين ،الأرجنتين ،تايلاند .

كما بدأت في أكثر من دولة عربية، خاصة: السعودية، الإمارات العربية، عُمان، المغرب، ليبيا، الأردن التي تعد ثالث أفقر دولة في العالم من حيث حصة الفرد من المياه وحققت التجارب والمحاولات التي تمت في هذه الدول وغيرها نسب نجاح متفاوتة، لكن الثابت أن اللجوء لتقنيات الاستمطار لم يعود الآن ترفا أو خيارا، خاصة في ظل تداعي المشكلات الناتجة عن تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري وتكرار موجات الجفاف وزيادة حدتها بشكل ملفت خلال العقدين الأخيرين. كما يمكن أن تجرى عملية الاستمطار بهدف تحقيق بعض الأهداف الاستراتيجية بعيدة أو قصيرة المدى، مثل زيادة كثافة الغطاء النباتي الصالح للرعي، وإعادة ملء السدود وزيادة مخزون المياه الجوفية لاستخدامها [12]

استمطار السّحب:

إنّ علم الإرصاد ودراسات الأفلاك السماويّة علم قائم منذ آلاف السنين، وفي منتصف القرن الثامن عشر بدأ الاهتمام بدراسة الغلاف الجوي للأرض والتعرف على مكوناته وطبقاته وما يحتوي عليه من غازات مختلفة معظمها في الطبقة السفلى التي تسمى (استرا توسفير)، ومن بين الحقائق والمعلومات القليلة جدا في ذلك الوقت توصل العلماء من خلال دراسة فيزيائيّة إلى معرفة حركة السّحب وتكويناتها والغلاف الجوي للأرض، ومن خلال ذلك بدأت الدراسات والأبحاث المصاحبة لدراسة المُناخ والتغيرات المحيطة بالغلاف الجوي، ومنها تطور دراسة الطقس وظهور ما يعرف اليوم بالأرصاد الجوية من قبل مجموعة من العلماء والمختصين بدراسة السّحب والمهتمين بتكوينها ونوعها ومقدار كمية بخار الماء بها ودرجة حرارتها ومدى كثافتها، كل ذلك ساعد العلماء عند مشاهدتهم الكميات الكبيرة من السحب التي تمر فوق المدن والقرى في أوقات كثيرة من العام دون سقوط أمطار، مما دعت العلماء إلى التفكير في إيجاد طرق ممكنة لاستمطار هذه السحب وجلب خيراتها، وهذا العمل يسميه العلماء والمختصون بالاستمطار، والمطر الناتج عنه يسمى بالمطر الصناعي[13].

بدأ الاهتمام العالميّ بعلوم الاستمطار في أربعينيات القرن الماضي على يد العالم الأمريكي(فينست سايفز) الذي نجح عام 1946 في تعديل السحب من خلال الثلج الجاف وفق جبال بيركشاير في ولاية ماساتشوستس الأمريكيّة، ولجأت الولايات المتحدة في السنوات الأخيرة إلى تقنيات الاستمطار وتلقيح السحب لزيادة هطول الأمطار في المناطق التي تعاني الجفاف[14]، ومن خلال التوصّل إلى بيانات كافية عن سحب الاستمطار، تقوم شركات الطيران المتخصصة بتوظيف طائراتها ومعداتها التقنية لاستمطار السحب، وقد أدّت العديد من تجارب الاستمطار إلى نتائج جيدة، وهي ثمرة لدراسة طبقات الجو.

دراسة الغلاف الجوي:

تعتمد الدراسات التي تقوم بها معاهد دراسات الغلاف الجوي في مجال تحسين معدل سقوط المطر عن طريق الاستمطار، على استخدام أحدث الوسائل الفنيّة المتقدمة في العالم في الاتصالات والتلقيح الصناعي للسحب، واستخدام أفضل المواد لإجراء هذه التجارب، وهي من أهم الدراسات العلميّة المتقدمة في العالم، حيث يهدف الاستمطار إلى زيادة كميات الأمطار التي تسقط على البلاد.

التجارب الأولى للاستمطار:

تقوم الدراسات على تطوير وحثّ التغيرات الجوية للاستفادة القصوى منها، وبدأت تجارب استمطار السحب والحثّ على تحويل تكوينات الضباب إلى سحب بين 1950 و1960 في بريطانيا، ولم تكن تلك التجارب حاسمة للاستفادة منها نظراً لضعف التقنيات المتوفرة والرادارات، وبعض الأقمار الصناعيّة المتوفرة في ذلك الوقت.

إنّ أكبر تلك التجارب والدراسات في عام 1953 قامت به جامعة لندن من مطار (كرانفيلد) والاستمطار هو أحد فروع ما يسمى (علم تعديلات الطقس) الذي يعنى بزيادة قدرة الإنسان على خلق ظروف صناعيّة تتيح له التعامل مع الطبيعة وتسخيرها لخدمته.

وفي العقدين الماضيين بدأت تلك التجارب والدراسات تؤتي نتائج جيّدة حيث قامت العديد من الشركات في الولايات المتحدة بتطوير عدد من تقنيات بحثّ السحب على الاستمطار.

ومنذ نشأة الاهتمام بتكوينات السحب فقد أجريت هذه التجارب في العديد من دول العالم من بينها أمريكا، بريطانيا، المكسيك، روسيا، الصين، أرجنتين، المغرب، تايلاند، الإمارات العربية، المملكة العربيّة السعودية.

الحكم الشرعي للاستمطار:

يعد الاستمطار بالمفهوم المتقدم من القضايا المستجدة في هذا العصر، الذي استطاع فيه الإنسان بما سخر الله له أن يصل إلى السحب في السماء ويطير فوقها ويبحث في مكوناتها، مما يجعله يفكر في مثل هذا التصرف لعلّه يستطيع أن يتصرف تصرفا لم يسبق إليه، يدفعه لذلك الحرص على نفسه بما وهبه الله من قدرة وما أعطاه من هبات.

وإنّ مثل هذا العمل لا يظهر فيه محظور أو مانع شرعي، إذ الأصل إنّ كل في كل الكون من مسخرات مباحة للإنسان فهي تحت تصرفه يفعل به ما يشاء، مادام عمله داخل تحت دائرة المباح، الذي لم يرد النصّ أو الدليل العام أو الخاص بالمنع منه، ويشهد لذلك قول الله سبحانه وتعالى (هو الذي خلق لكم ما في الأرض جميعا) وقوله سبحانه (هو الذي جعلكم خلائف الأرض ورفع بعضكم فوق بعض درجات ليبولكم في ماءاتاكم) يذكر بعض علماء البيئة من الباحثين في علم الاستمطار، إنّه من خلال التجارب التي أجريت في مجال زيادة الأمطار، فإنّ النتائج كانت في أغلبها سلبيّة بحيث لا تحقق الهدف الذي تبتغيه[15]، لذا يعدّ التحكم في معدل سقوط المطر الاصطناعي، ومكان سقوطه من أهم المشكلات التي تواجه العلماء في مجال علم الأرصاد، كما إنّ عملية إسقاط المطر لاتزال غير اقتصادية ومكلفة.

تجربة مشروع الاستمطار في ليبيا:

ليبيا هي ثاني دولة عربية بعد الجزائر تبنّت مشروع زراعة السحب لمواجهة شح الأمطار في مناطقها الجغرافيّة، ليبلغ رصيدها الزمني أكثر من نصف قرن بدأ مشروع زراعة السّحب في ليبيا عندما أبرمت وزارة الإصلاح والتأهيل الزراعي عام 1971 اتفاقية لزراعة السحب في ليبيا مع شركة (C.I.C) الأمريكيّة، واقتصر الأمر في البداية على أن تكون الاتفاقيّة مشروع البحث العلمي، ولدراسة المنطقة جغرافيا ومناخيا للحد من ظاهرتي الجفاف والتصحر.

وبالرغم من اجتهادات المركز المستمر إلا إنه لم يسلم من الانتقادات الموجهة له، وعلى هذه الانتقادات يردّ رئيس قسم العمليات: إنّ المركز بذل قُصارى جهده لتحقيق نتائج هي أقصى ما يمكن فعله، ويؤكد إنّ للمشروع جوانب إيجابية أخرى غير عمليات زراع السّحب، كالأبحاث العلمية المتعلقة بالطقس والمناخ والأرصاد الجويّة والزراعة، وأيضا تقديم دراسات وأبحاث للحد من ظاهرتي الجفاف والتصحر، ومكافحة الجراد، تعد المياه المتساقطة من الغلاف الجوي في شكل أمطار بمثابة أحد المصادر الرئيسة للمياه العذبة إلا أن كمية كبيرة من المياه الموجودة في السحب والغيوم لا تتحول إلى مياه تسقط على الأرض، الأمر الذي حث العلماء على استطلاع إمكانية تحفيز السحب على زيادة كمية المياه الهاطلة منها بواسطة تقنيات الأمطار الاصطناعية التي تستهدف تعديل سقوط الأمطار للمساهمة في التغلب على نذرت المطر بواسطة تسريع السقوط وإطالة أمده، وصولا إلى تطوير الموارد المائية بواسطة الجهود الرامية إلى تعديلها بالوسائل الاصطناعية.

ونظرا لزيادة الطلب على المياه العذبة للاستخدامات الزراعية والصناعية والمنزلية، ولمحدودية الموارد المائية في ليبيا، فقد أصبح العجز المائي واضحا نتيجة تزايد عدد السكان وظروف التنمية الاقتصادية والاجتماعية، والجفاف الذي تكرر في العقود الأخيرة ومنعكسا ته السلبية على تفاقم أزمة المياه، إذ ينعكس موسم الأمطار الشحيح مباشرة على الزراعة وخاصة الزراعة البعلية، كما يؤثر على المخزون المائي الجوفي، فيؤدي إلى استنزاف مياه الآبار وخاصة في الأحواض السطحية.

انطلاقا من هذه المعطيات كان لابد لليبيا من اتخاذ الإجراءات الممكنة لتحسين الوارد المائي وسد الفجوة بين الطلب على المياه وكمية المياه المتاحة، وذلك باتجاهين متوازنين وهما:

الأول: العمل على استثمار جميع الموارد المائية المتاحة وعدم هدرها وترشيد استعمالاتها للأغراض المختلفة وخاصة الزراعية منها.

الثاني: زيادة الواردات المائية بزيادة الهطول المطري عن طريق التأثير الفعال على السحب صناعيا، حيث لجأت العديد من دول العالم إلى هذه الطريقة لتحسين الهاطل المطري، وخاصة البلدان الواقعة في المناطق الجافة وشبه الجافة، إذ تتراوح فعالية أعمال الزرع بين

5-20/...[16] من الهطول الطبيعي في مساحات كبيرة ولفترات زمنية طويلة، كما تختلف الفعالية حسب التقدم العلمي والتقني وتوفر السحب المناسبة لإعمال الزرع.

وتطلعت ليبيا إلى محاولة استخدام هذا الأسلوب لغرض زيادة مياه الأمطار ، وتم بالفعل على تنفيذ أكثر من محاولة خلال المواسم الآتية:(1972/71)،(1973/72)،(1979/78) وقد تم إتباع الطرق العلمية التي كانت متاحة خلال تلك المواسم [17] ،وشملت عمليات الاستمطار التي نفذت في تلك المواسم مناطق : غريان وسلوق وبومبة ورأس لأنوف ،ثم شُكلت لجنة لدراسة الظروف الجوية الماطرة والتخطيط لوضع مواصفات مشروع زراعة السحب ،الذي باشر عمله خلال الموسم (1980/79) وذلك بالتركيز على منطقة سهل الجفارة وجبل نفوسة ، وفي المواسم الآتية : (81 /1982)، (1983/82)،(1990/89) (1991/90) (1992/91) (1993/92) (1994/93) تقرر توسيع نطاق المشروع ليشمل ثلاثة مناطق: المنطقة الغربية وتضم (الزاوية، طرابلس، غريان، يفرن، مصراته)، ومنطقة سرت في الوسط، ومناطق الشرق التي تضم (اجدابيا، بنينا، المرج، شحات تم تجهيز المناطق الثلاثة بالطائرات المزودة بأجهزة القياس الفيزيائي للجسيمات المجهرية بخلايا السحب وأجهزة قياس حركة الهواء والرادارات ومقاييس إشعاع الموجات الدقيقة والشبكات المطرية وبعض المعدات المساندة وفرق العمل.

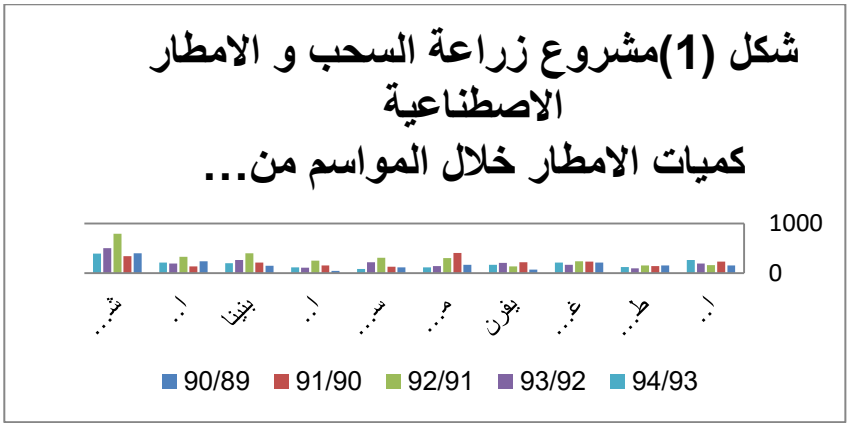
وقوفا على السجلات والتقارير والبيانات الخاصة بتلك التجارب تبين إنها أعطت مؤشرات جيدة أثبتت بأنه إذا أجريت عمليات الاستمطار تحت الظروف الجوية الملائمة وفي الوقت المناسب والمكان المناسب وفي ظل الإشراف العلمي الدقيق فإن بعض خلايا السحب يمكن إنعاشها لكي تهطل أمطارها مبكرا وبكمية أعلى ،ومن جملة ما تم استنتاجه أن معدل أمد الدوام لخلايا السحب الملقحة كان أعلى من تلك غير الملقحة ،كما أن خلايا السحب الملقحة تطورت وأعطت كميات أمطار أفضل من تلك غبر الملقحة، وعلى الرغم من توفر البيانات والتقارير التي تم تسجيلها وتحليلها إلا إنها لم تلاقي حظها من الاهتمام العلمي للوقوف على ما حققته من مؤشرات مهمة حول خصائص السحب والأمطار على طول الساحل الليبي..[18] .

وقد تم في هذه الدراسة استخدام بيانات هطول الأمطار المسجلة للمناطق التي تم استهدافها لفترة خمسة مواسم متتالية من المواسم الممطرة التي جرت فيها عمليات زراعة السحب، كما هو مبين في الجدول التالي

الجدول (1) يبين كميات الأمطار والمواسم التي تم في خلالها الزرع

الموسم / المنطقة	90/89	91/90	92/91	93/92	94/93	المجموع	المعل العام
الزاوية	155.7	232.2	162.8	195.6	267.7	1014	169
طرابلس	158.4	145.1	154.1	99.3	123.5	680.4	113.4
غريان	212.6	233.8	237.3	168.8	212.5	1065	177.5
يفرن	75.1	217.8	134.9	206.8	167.6	802.2	133.7
مصراته	169.2	407.5	305.2	143.7	117.7	1143	190.55
سرت	117.4	128.3	308.4	217.8	85.5	857.4	142.9
اجدابيا	45.1	154.6	253.6	111.8	120.1	685.2	114.2
بنينا	150.5	215.8	399.6	263.5	203.2	1233	205.43333
المرج	239.4	139	332	196	216	1122	187.06667
شحات	402	341.2	793.5	504.6	394.5	2436	405.96667

المرجع: مركز المعلومات، مشروع زراعة السحب والامطار الاصطناعية، طرابلس 94/89 م



مكونات السحب:

تتكون السحب من تجمع مرئي للملايين من بلورات الثلج الدقيقة أو قطرات صغيرة من الماء الاثنين معا، تتركز حول ذرات دقيقة من التربة والغبار والدخان وبلورات الملح وغيرها من الجسيمات العالقة في الجو.

يعرِّف العلماء هذه الذرات الدقيقة "بنوات التكاثف" وهي التي يتكاثف عليها الماء فيكون السحب، قليل من هذه الذرات يمكن أن تصنف كنويات ثلجية تلك التي يتجمد عليها الماء المكثف أو التي تتكون عليها بلورات الثلج رأسا من بخار الماء دون أن يمر بحالة سيولة. توجد في الجو كقاعدة عامة الكثير من نويات التكاثف وقلة من نويات التجميد.

يمكن مشاهدة العديد من أنواع السحب المختلفة بالغلاف الجوي، وهذا الاختلاف نابع من نوع الحركة التي تسبب في تبريد الهواء وتكثف بخار الماء، فالحركة الفجائية الصاعدة والتسخين السطحي يعملان على تكوين كتل السحب الركامية التي غالبا تتباعد عن بعضهما البعض ويتخللها فجوات صافية، وهذا النوع من السحب قابل لعملية الاستمطار شكل (1). أم السحب التي تتكون عن طريق الحركة الصاعدة التدريجية للهواء الرطب فهي تتكون على صورة طبقات تغطي مساحات كبيرة من السماء وعليه تسمى السحب الطبقية.

وهناك نوعان من السحب من ناحية الاختلاف في درجة الحرارة وهما:

1-السحب الباردة:

عندما تمتد السحب في الارتفاع إلى مستوى تنخفض فيه درجة الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي فإنها تسمى سحب باردة أي أن درجة حرارتها تكون أقل من درجة التجمد في مستوياتها العلوية ،وهذا لا يدل بالضرورة على وجود البلورات الجليدية، لأن الهواء يمكن تبريده إلى ما دون الصفر المئوي دون تجمد قطيراته المائية وعليه تسمى هذه القطيرات المائية السائلة بقطيرات فوق مبردة (مفرطة البرودة) ،وتكون هذه القطيرات في حالة غير مستقرة وعادة ما تتجمد إذا ما التصقت بنواة تجمد ،ونوات التجمد هذه غير متوفرة بالغلاف الجوي بنفس توفر نويات التكاثف ،لذلك فإن القطيرات الفرق مبردة كثيرا ما تظهر بالسحب عند درجات حرارة أقل من الصفر المئوي ، لو أن السحب الباردة كانت تحتوي على كل الجسيمات الثلجية والقطيرات الفوق مبردة فإنها في هذه الحالة تسمى سحب مختلطة .

2-السحب الدافئة:

السحب الدافئة هي تلك التي تكون درجات حرارتها أعلى من نقطة التجمد وعليه لا تتكون بداخلها البلورات الثلجية وتتكون القطرات المائية بهذه السحب عن طريق عملية تسمى الالتحام ،وأثناء هذه العملية تحاول القطيرات المائية الهبوط بسبب ثقلها لكن التيارات الهوائية الصاعدة تدفعها إلى أعلى وعليه فإن القطرات الكبيرة الحجم ذات سرعة السقوط الكبيرة تتصادم مع الأخريات ذات الحجم الأصغر وسرعة السقوط الأقل ومن ثم تتصادم ببعضها البعض وتندمج مكونة قطرات أكبر حجما هذا وقد يحدث أن تصبح هذه القطرات كبيرة إلى درجة إنها قد تتساقط على صورة قطرات مطر ،ويحدث التصادم بين القطيرات بسبب الاستجابة المتباينة لعدد من القوى أهمها :قوة الجدب الأرضي ،والقوة الكهربائية ،والقوة الناتجة من الحركة الديناميكية للغاز ،وتتغلب قوة الجدب الأرضي في السحب على غيرها من القوى الأخرى عندما تكون القطرات كبيرة الحجم نسبيا ،حيث تكون سرعة سقوطها أكبر من سرعة القطيرات الصغيرة التي تقع في طريقها .

أهم أنواع السحب الممطرة:

1_ المزن الطبقي (Nimbostratus) ويرمز له (Ns) سحب رمادية وغالباً ما تكون قاتمة، وتظهر بشكل طبقة متسعة تحجب الجزء الأكبر من السماء، وهي أسمك بكثير من السحب الطبقية الأخرى (شكل 2) فبينما يكون أعلاها في مستوى السحب العالية فأن قاعدتها تكون في مستوى السحب المنخفضة، وهي من السحب التي يصاحبها هطول متصل أو متقطع سواء من المطر أو الثلج أو البرد [19].

شكل (2) المزن الطبقي (Nimbostratus)

المصدر: eferrit.com/10

2-الركام الطبقي (Stratocumulus) ويرمز له (SC) وهي سحب منخفضة، تميل إلى اللون الرمادي وتظهر عادة بشكل رقعة أو طبقة مكونة من قطع مربعة أو كروية أو اسطوانية الشكل تكون مرئية في صفوف أوفي مجموعات ذات شكل تموجي وكثيراً ما تتصل ببعضها، وتتخللها فجوات تبدو منها زرقة السماء واضحة (شكل3) وهي ليست من السحب الممطرة إلا في الحالات النادرة، وقد يصاحبها هطول خفيف من المطر أو الثلج أو منهما معاً. (20)

شكل (3) الركام الطبقي (Stratocumulus)

المصدر: google.com.search.www

3-الركام المزني(Cumulonimbus) ويرمز له (Cb) وهي عبارة عن سحب ضخمة وسمكها كبير وذات تطور عمودي هائل، وتكون على أشكال كتل ضخمة شامخة ومتراكمة كالجبال والأمواج والأبراج الضخمة، وتصل إلى ارتفاعات شاهقة. ويتكون جزؤها العلوي من بلورات ثلجية على هيئة سندان، كما تتكون من قطرات مائية، ويمكن ملاحظة قمتها بينما لا تزال قاعدتها وراء الأفق ويصاحب سحب الركام المزني البرق والرعد الشديدين، كما تنشأ

سحب الركام المزني من التيارات الهوائية القوية الصاعدة والتي تصعد إلى ارتفاعات شاهقة، كما يمكن أن تنشأ سحب الركام المزني من سحب الركام المتوسط [21] .

شكل (4) سحب الركام المزني

المصدر: علي **أحمد** غانم، الجغرافيا المُناخية، ص 195.

نجاح مشروع الاستمطار في ليبيا يتوقف على أمرين رئيسيين مهمين وهما:

1-العنصر المؤهل ومدى كفاءته للعمل المكلف به.

2-التجهيزات والمعدات المستعملة ومدى فعاليتها.

عناصر قيادة مشروع الاستمطار:

1-أخصائيين الأرصاد الجوية المؤهلين في مجال فيزياء السحب وهي العناصر التي يعول عليها في التخطيط العلمي لسير عمليات المشروع، والإشراف على تنفيذها وبالتالي تقييمها.

2-الطيارون المؤهلون لتنفيذ عمليات حقن السحب بالطرق العلمية السليمة.

3-مهندسون وفنيون الصيانة والمعايرة.

4-فنيون تشغيل الرادارات والحاسبات الآلية.

طرق الاستمطار في ليبيا:

يهدف الاستمطار إلى زيادة إدرار السحابة للأمطار، أو القيام بتسريع عملية هطول الأمطار من السحب الموجودة في سماء المناطق الجافة شحيحة الأمطار، وسيتم الاستمطار بعدة طرق من أبزها:

1-استخدام مسحوق إيود الفضة: يتم ذلك من خلال قيام الطائرات برش مسحوق إيود الفضة على منطقة وجود السحب وفي بعض الأحيان يتم قذف هذا المسحوق في تيارات هوائية صاعدة للمناطق التي توجد بها السحب ويتم بالاعتماد على أجهزة لنفث الهواء إلى أعلى ويكون ذلك بقوة كافية.

2-استخدام ثاني أكسيد الكربون المتجمد: يتم ذلك عن طريق قذف ثاني أكسيد الكربون المتجمد الموجود على شكل بلورات من الثلج الجاف، حيث يتم القذف فوق السحب في المنطقة المخصصة للزرع باستخدام الطائرات، ويعمل ثاني أكسيد الكربون المتجمد على خفض درجة حرارة الهواء، مما يؤدي إلى تشكل بلورات من الجليد ويكون عند درجة حرارة

منخفضة جدا، وتعمل بلورات الجليد على التحام قطرات الماء الموجودة في السحب، بعدها تسقط الأمطار على المنطقة المستهدفة للاستمطار.

3-القيام بالرش برذاذ الماء: وذلك عن طريق للقيام برش رذاذ الماء على السحب الركامية التي تكون محملة ببخار الماء الكثيف، حيث يعمل رذاذ الماء على زيادة تشبع الهواء الموجود في الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى زيادة سرعة تكثف بخار الماء ومن خلاله يتم سقوط الأمطار.

وبناء عليه يتطلب لإنجاح حالات الزرع وتحقيق الأهداف المرجوة منها أكثر من ظرف وعامل ملائم لإمكانية الاستمطار تتمثل في:

1-وجود منطقة عدم استقرار جوي سطحي، وعدم استقرار جوي في طبقات الجو العليا والتي تتمركز شمال أو شمال شرق أو شمال غرب ليبيا، حيث يسود التيار الهوائي الشمالي البارد الذي يدفع بكتل السحب المصاحبة له داخل ليبيا الأمر الذي ينتج عنه فرصة جيدة للقيام بعمليات زراعة سحب ناجحة. (22)

2-تمركز منطقة عدم استقرار جوي، وتسرب الهواء البارد المشبع بالرطوبة، الأمر الذي يؤدي إلى ظهور سحب ركامية وطبقية صالحة للاستزراع.

3-منطقة عدم استقرار جوي سطحي مصحوبة بجبهة هوائية باردة، وفي طبقات الجو العليا منطقة عدم استقرار جوي، نتيجة لذلك تظهر في السماء السحب الطبقية والركامية وأحياناً المزنية وانتشارها على مساحات معينة، بالإضافة إلى وجود الهواء الصاعد المحمل بالرطوبة أو بخار الماء، وإتمام عملية الزرع في الوقت المناسب وحقن كمية مناسبة من المواد الكيميائية المحفزة تكفي لسقوط المطر.

4-عند تمركز منطقة عدم استقرار جوي لها امتداد في كافة طبقات الأجواء العليا، حيث يسيطر التيار الهوائي الشمالي البارد، والذي يدفع كتل السحب من ناحية البحر في اتجاه اليابسة، بحيث تؤدي إلى إمكانية تزايد كتل السحب الركامية الكثيفة والتي يكون لها فرص النمو حتى تصل إلى النوع المزني في بعض الأحيان، وبالتالي ستكون مصحوبة بالعواصف والأمطار.

5-عندما تكون درجة حرارة قمة السحب في حدود ما بين (-10 إلى - 28 درجة مئوي) مهمة جداً لضمان فاعلية المحفزات التي تستخدم في عملية زراعة السحب.

6-ضرورة وجود عناصر نشطة في السحب الركامية بحيث يكون المحتوى المائي أكبر من 0.5 جرام للمتر المكعب من الهواء في قلب السحابة، وأن يكون تركيز الحبيبات الثلجية بها أقل من 10 حبيبات في المتر المكعب من الهواء.

التقييم العلمي لنتائج عمليات الاستمطار الصناعي بليبيا:

من خلال الدراسة التي قام بها فريق من الباحثين والتي تهدف إلى إجراء تقييم لعمليات الاستمطار الصناعي للسحب على بعض المناطق في ليبيا خلال الفترة من 1980 إلى 1990 وأشارت الدراسة إلى أن التفاؤل المبكر للنجاح السريع فيما يتعلق بزيادة كميات الأمطار في معالجة حالات الجفاف تأخذ في التناقص لسببين هما:

1-إن نتائج التجارب الماضية التي أجريت في العديد من البلدان لم تكن مقنعة أي أنها قد أخفقت في عرض التأثير المأمول بمدلولات إحصائية كافية.

2-إن الراصدات التي أخذت عن تكرار الحدوث غير المتوقعة للتركيزات العالية لبلورات الثلج الطبيعية في بعض السحب والفيض المستمر لبخار الماء في بعض عواصف البرد قد أظهرت محدودية أفاق الاستفادة منها.

أي أنه بالنسبة لغالبية الأوساط العملية لا توجد أي معايير محددة لمعرفة متى وأين يجب زراعة السحب وأي نوع من السحب وذلك لضمان نتائج ناجحة،

وكان الهدف من تقييم المشروع هو الحصول على نتائج تجيب على بعض التساؤلات التي تدور في أدهان العديد من المهتمين بهذا الموضوع وبالتالي تحديد جدوى هذا المشروع، واقتراح الأسلوب الذي يجب أتباعه في العمليات والذي يتمشى مع الطرق العلمية المعروفة.

ما سبق ذكره من الأمور المهمة التي يفترض أن يتعرف عليها صانعو القرار، وأن عدم اليقين المتعلق بالتحكم في الطقس وزيادة الهطول لا يعني الحكم المطلق حيث أن تلك المشاريع يجب أن يتم التعامل معها على أساس أنها وسيلة ممكنة من بين وسائل أخرى لإدارة مصادر المياه، كما يجب التعامل معه كمشروع علمي من خلال أربع شروط وهي:

1–دراسة المناخ من خلال السحب وتوزيع الأمطار في منطقة المشروع.

2–وضع أسس للتجارب انطلاقاً من الدراسات المناخية وعلى ضوء المعرفة الحالية لفيزياء السحب والتحكم في الطقس:

3–تنفيذ التجربة على أساس علمي مدروس باستخدام القياسات الفيزيائية والمراقبة الإحصائية.

4–تقييم النتائج.

كما يجب الانتباه إلى أن مثل هذه المشاريع تحتاج إلى متخصصين ذوي كفاءة عالية ودعم مالي ومدة كافية من الزمن لكي يتم الحصول على نتائج مقنعة. أما فيما يتعلق بالجفاف الذي يعتبر أحد المشاكل التي تواجه ليبيا يجب أن ينظر إليها بشيء من الحذر فإذا كان الطقس لا تتوفر فيه الظروف التي يمكن تحويرها لزيادة الأمطار فإن الإنسان لا يمكنه زيادة الأمطار، ومن البديهي أنه لابد من وجود سحب حتى يمكن سقوط المطر.

النتائج:

من خلال الاستعراض السابق يمكن استنتاج الاتي:

1–أن الأسس التي بنيا عليها المشروع كانت أسس علمية سليمة توفرت فيها جميع الشروط العلمية الصحيحة، وكانت البداية قد أعطت نتائج مقنعة لأن عمليات التقييم تمت تحت الشروط السابقة.

2–بدأ انحراف المشروع عن المسار العلمي والخروج عن الخطة العملية المرسومة له بعد فترة قصيرة من انطلاقه بحيث تحول من مشروع علمي إلى مشروع عمليات بدون أي ضوابط علمية محكمة

3–أعطيت النتائج مؤشرات إيجابية تدل على حدوث زيادة في نسبة الأمطار خلال الموسمين 1981/1980 1982/1981 وهذا ما يحقق الفرضية التي تقول إن انطلاقة المشروع بنيت على قاعدة علمية وبالتالي أعطت نتائج يمكن تتبعها من خلال التقييم الإحصائي.

4-بدأت المؤشرات تذبذب بطريقة عشوائية خلال أغلب المواسم اللاحقة، والسبب في ذلك يرجع إلى عدم التقيد بالأسس العلمية من حيث التغير في الأسلوب المتبع في عملية الزرع، أو ضعف الكفاءة في التنفيذ أو تدني فاعلية أجهزة القياس أو كل هذه الأسباب مجتمعة.

5-ضعف شبكة محطات قياس الأمطار وعدم الدقة في قراءتها وتقطع فترات عملها لأن معظم المستخدمين في هذه النوعية من المحطات يفتقرون على الكفاية والخبرة ربما سبب فاقد في كميات الأمطار أثناء القياس وربما يكون رصد بعض الكميات تقديرياً، الأمر الذي يؤثر على دقة نتائج التقييم.

التوصيات:

لتفعيل واستمرار عملية الاستمطار في ليبيا تنتهي التوصيات إلى اهتمام سلطة الدولة بمواردها المائية المختلفة وضرورة المحافظة عليها وتوظيفها لصالح التنمية البشرية. وعلى هذا الأساس خلصت الدراسة إلى تحديد التوصيات الآتية:

1-على الدولة أن تعمل جاهدة على تشيع المجتمع العلمي على البحث في هذا المجال وإجاد الحلول العلمية للتصدي لتحديات الأمن المائي.

2-ضرورة تطوير التكنولوجيا المستخدمة لكي تكون أرخص من حيث التكلفة، وأقدر على تحقيق نسب استمطار عالية.

3-ضرورة شراء طائرات جديدة مناسبة حيث أن الطائرات القديمة قد استهلكت ويمكن استخدامها كطائرات احتياطية.

4-الحرص على توفير قطع غيار الأجهزة والمعدات المستعملة على أن يراعي سهولة الحصول عليها عند الطلب.

5-العمل على استقطاب متخصصين في مجال الأرصاد الجوية وفيزياء السحب للعمل بالمشروع والتعويل عليهم باعتبارهم حجر الأساس في نجاح عمليات الزرع.

6-الاهتمام بتدريب الطيارين في الداخل والخارج في مجال زراعة السحب وضمان استمرارهم في العمل بالمشروع.

7-ضمان عدم تدخل أي جهة أخرى غير العاملين بالمشروع في اختيار أسلوب العمل.

8-العمل على بناء كوادر علمية عربية متكاملة يتم من خلالها تبادل الخبرات واستثمار التقنية والأساليب العلمية الحديثة بالشكل الأمثل، وتطوير أساليب العمل المتبعة حالياً في مشاريع الاستمطار العربية المنفذة.

بدأت أول عملية زراعة سحب في ليبيا كانت في 1980/11/19، وكان الأسلوب المتبع في الزرع الاختيار العشوائي، ثم تحول إلى أسلوب منطقة المراقبة، تم صدرت أول تعليمات تحول الأسلوب إلى مشروع يتم الزرع في كل الأحوال كلما كان ذلك ممكنا.

المراجع:

1-سعد أحمد الغرياني، أزمة المياه جدلية مستمرة، ورقة عمل في مؤتمر المياه الأول المنعقد بجامعة قاريونس بتاريخ 23- 3- 1995، ص3.

2-علي موسى، الاستمطار، مجلة العلوم والتقنية، العدد الثاني، ص18.

3-سعد أحمد الغرياني، المرجع السابق، ص12.

4-سعد أحمد الغرياني، المرجع نفسه.

5-الهادي مصطفى أبولقمة، لنشرب من البحر، محاضرة، أُلقيت على ضباط الكلية البحريّة يوم الأحد، 19 مايو 1985.

6-الهادي مصطفى أبولقمة، المرجع نفسه.

7-منويك مانغيه، التصحر خلفية طبيعيّة وسوء إدارة بشريّة، ترجمة تقديم، عبد القادر المحيشي، منشورات جامعة الجبل الغربي، 1999، ص 292.

8-مركز الأمم المتحدة للإعلام، تدهور الأراضي الجافة، خطر يهدد الجميع، تقرير، طرابلس، يونيو 2006.

9-مركز الأمم المتحدة للإعلام، الجفاف في إفريقيا، المرجع السابق، 2006.

10- المرجع نفسه.

11-وحيد محمد فضل، الاستمطار الصناعيّ آفاق وتحديات،
3 /2/2019/scienceandtechnology/ news/Aljazeera.net

12-عبد الله بن عمر السحيباني، استمطار السحب، مجلة العلوم والتقنية، العدد الثاني، ص18.

13-الاستمطار في الإمارات العربيّة، search/Google.com
14-برنامج الإمارات لبحوث علوم الاستمطار، www. Marefa.org
15-عبد الله بن عمر السحيباني، استمطار السحب (الحكم الشرعي)، مرجع سابق، ص4.
16-مركز المعلومات، مشروع زراعة السحب والأمطار الاصطناعيّة في ليبيا، تقرير، 89/ 94م.
17-مركز المعلومات، مشروع زراعة السحب والأمطار الصناعية، تقرير، 79/71.
18-مركز المعلومات، مشروع زراعة السحب، المرجع نفسه.
19-محمد النطاح، الأرصاد الجوية، دار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، مصراته، 1990، ص212.
20-امحمد على المقيلي، مقدمة في الطقس والمناخ، منشورات الجامعة المفتوحة، طرابلس، 1993، ص135.
21-عبد العزيز طريح شرف، الجغرافية المناخية والنباتيّة، دار الجامعة المصرية، 1983، ص210.
22-مشروع زراعة السحب والأمطار الاصطناعية، تقرير نهائي لعملية زراعة السحب، مكتب البحوث، موسم 1984/ 1985.