





HAL
open science



Salah Eddine Kottabi, Abdelhamid Kerdoud

► **To cite this version:**

Salah Eddine Kottabi, Abdelhamid Kerdoud.   Journal of African Studies and the Nile Basin, 2022, 16, pp.34-52. <hal-04449922>

HAL Id: hal-04449922

<https://hal.science/hal-04449922>

Submitted on 13 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

دراسة الأثر البيئي لانبعاثات غبار المقالع في الجوباستعمال نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار

عن بعد

. نموذج مقالع إقليم بنسليمان .

Environmental impact assessment of dust emissions from quarries using GIS and remote sensing: a case study of Benslimane province.

1- كتابي صلاح الدين، جامعة السلطان مولاي سليمان، بني ملال، المغرب. (kottabi.salah@gmail.com)

2- كردود عبد الحميد، جامعة السلطان مولاي سليمان، بني ملال، المغرب. (kerdoudabelhamid@gmail.com)

الملخص: تؤدي مختلف العمليات المرتبطة باستخراج المواد من المقالع ونقلها إلى بعث كميات مهمة من الغبار في الجو، الشيء الذي يترتب عنه ظهور اختلالات عديدة على المجالات المجاورة. فعند انبعاث الغبار يتم تعليقه في الجو لفترة من الزمن يمكن من خلالها أن يؤثر على جودة الهواء عن طريق تغيير الكيفية التي يمر بها الضوء والتفاعل مع المكونات الأخرى للغلاف الجوي، وهذه الطريقة يؤثر على سلوك الغلاف الجوي اتجاه بياض الأرض مما يؤثر على درجة امتصاص وعكس أشعة الشمس وبالتالي التأثير على درجة حرارة المجال محليا. كما أنه حين تكون تداعيات الغبار مهمة جدا، تكون النسبة التي ترسبت منه على النباتات كافية لتغيير تركيب مادة الكلوروفيل وإبطاء نموها. دون أن ننسى أن تلقي المسطحات المائية والتربة المتواجدة حول المقالع لرواسب من الغبار الناجم عن أنشطتها، يقوم بتعديل بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه الأوساط، الشيء الذي يتسبب في التغيير في حجم إنتاجيتها، سلوكها اتجاه الضوء، وزيادة درجة حمضيتها وتكلسها، مما ينعكس بالسلب على الساكنة، وعلى نباتات المنطقة والمحاصيل الزراعية.

الكلمات المفتاحية: المقالع - الغبار - إقليم بنسليمان - التنمية المستدامة - التدهور البيئي.

Abstract : The various processes associated with the extraction and transport of materials from quarries result in the emission of significant quantities of dust into the atmosphere. This results in the emergence of many detriments. When dust is emitted, it is suspended in the atmosphere for some time during which it can affect air quality by changing the way light passes through and interacts with other components of the atmosphere. In this way, it affects the behavior of the atmosphere concerning the albedo of the Earth, which results in a change in the degree of absorption and reflection of sunlight, and thus affects the temperature of the local area. When the dust fallout is in large quantities, some of it settles on the plants which can be enough to alter the composition of the chlorophyll and slow plant growth. We can also mention that the water bodies and the soil located around the quarry receive dust deposits resulting from these site activities. The physicochemical characteristics of these physical environments can be modified, depending on the increase in pH, the increase in alkalinity, and the modification of productivity, which negatively affects the population, the local plants, and agricultural crops.

Key Words : Quarries - Dust emitted from quarries - The province of Benslimane - Sustainable development - Environmental degradation.

تقديم:

يعد الهواء واحدا من أكثر الموارد التي يحتاجها الإنسان من أجل العيش، فهو الوسط الطبيعي الأكثر أهمية بالنسبة لحياة الإنسان والحيوان، وجودته لها علاقة مباشرة مع صحة الإنسان ونوعية الحياة التي يعيشها مع باقي الكائنات الحية. إلا أن هذا المورد بدأ يعرف مشاكل خطيرة جدا في بعض المناطق الصناعية كما هو الحال بمقالع إقليم بنسليمان، حيث بدأ يطرح معها مشاكل على مستوى صحة الإنسان والحيوان والنبات بتركز بعض الملوثات الجوية التي تؤثر على صحة الإنسان وعلى الحياة التي يعيشها، بالإضافة إلى خطر التغيرات المناخية الذي يعزى إلى زيادة تركيز بعض الغازات ذات مفعول السقيفة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الأوزون.

ويرجع ذلك بالأساس إلى تعليق مجموعة من الجسيمات الصغيرة الناتجة عن تجزئة المواد في الهواء، بالإضافة إلى غازات الشاحنات وناقلات المواد المستخرجة من المقالع، ثم انبعاث غازات سامة ناتجة عن الاحتراقات والانفجارات وآلات الاستخراج بالمقلع. فتلوث الهواء بالمقالع ينتج خلال جميع مراحل الإنتاج: أثناء عملية استعمال المتفجرات، أثناء عملية الكسر والاستخراج، وأثناء ملأ وإفراغ الشاحنات ونقل المواد...

لذا سنحاول في هذا المقال التطرق للتبعيات السلبية التي تخلفها انبعاثات الغبار حول المقلع خلال مختلف مراحل اشتغاله، وذلك في إطار محاولة معالجة إشكالية بيئية تتمحور حول معرفة مدى مساهمة انبعاثات غبار الأنشطة الاستخراجية للمقالع في التأثير على الوسط البيئي بإقليم بنسليمان. وذلك باستعمال أدوات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

الفرضيات:

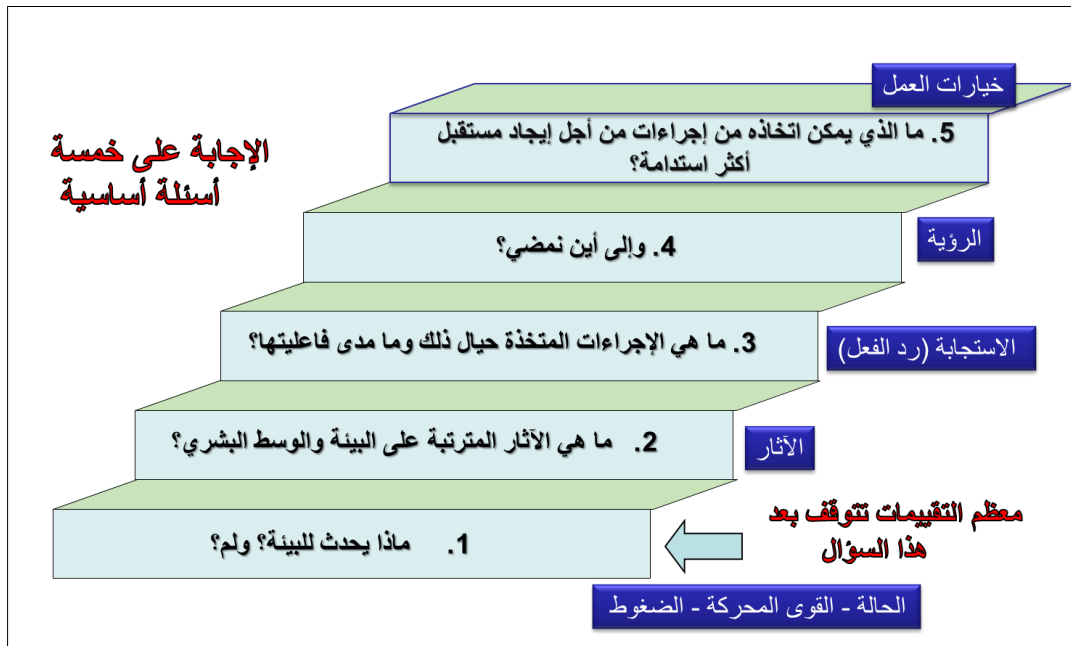
يتوفر إقليم بنسليمان على مؤهلات طبيعية ساهمت في انتشار المقالع بشكل كبير خاصة خلال السنوات الأخيرة، إلا أن الضغط على هذه الموارد أدى في الآونة الأخيرة إلى بروز مجموعة من الاختلالات في قطاع المقالع تهم طرق الاستغلال وتنامي ظاهرة المقالع العشوائية، مما نتج عنه العديد من الأضرار الجسيمة على البيئة ناجمة بالدرجة الأولى عن انبعاثات الغبار، الشيء الذي أصبح يهدد استقرار الإقليم وبيئته. وبالتالي يمكن وضع الافتراضات التالية بصدد الوقوف على الأسباب الكامنة خلف هذه الوضعية.

- ✓ يمكن أن تشكل أساليب الاستغلال التقليدية والعشوائية للمقالع عاملا أساسيا في تدهور الوضعية البيئية؛
- ✓ تتسبب انبعاثات الغبار بأزمات بيئية خطيرة وتبعيات سلبية على مستوى جودة الهواء، النبات، التربة، والماء بمحيط المقلع؛
- ✓ عدم نجاعة المراقبة، مما نتج عنه انعكاسات سلبية على كل من الساكنة والبيئة الطبيعية؛
- ✓ إن نهج تدخل وتدبير عقلاني وصارم هو الكفيل بتخفيض هذا الضغط الحاصل على المجال وتحسين الوضعية.

المنهجية:

سنعتمد في هذه الدراسة على تحليل المؤشرات البيئية والتقييم البيئي المتكامل FPEIR (أو باللغة الإنجليزية DPSIR)، وذلك عن طريق تحديد:

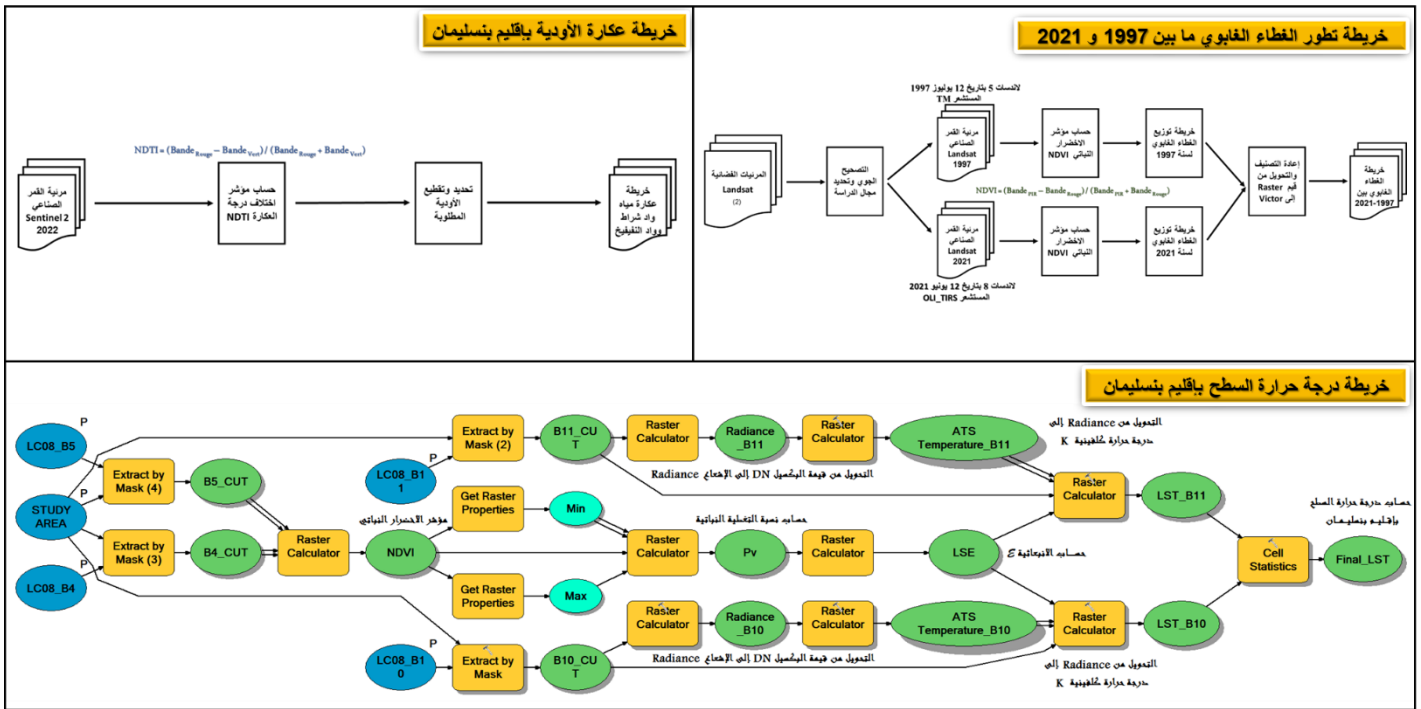
- مؤشر القوى الموجبة أو العامل الموجه Forces motrices: ويتمثل في السبب الرئيسي للمشكلة البيئية، أي انبعاثات الأنشطة الاستخراجية للمقالع؛
 - مؤشر الضغط Pression: تحديد مدى مساهمة انبعاثات غبار المقالع في تدهور الوضعية البيئية بالمجال؛
 - مؤشر الحالة État: ويتم بعد معاينة الوسط واستنباط مختلف مظاهر الإشكالية البيئية المدروسة؛
 - مؤشر الأثر Impacts: ويحدد بتحليل المعطيات والملاحظات قصد الوقوف على أبرز العوامل المسؤولة عن تدهور الوضعية البيئية بالمجال سواء على مستوى الموارد الطبيعية من هواء وغابات وموارد مائية وتربة، أو على مستوى الخصائص السوسيو-اقتصادية للسكان والنظم الإيكولوجية؛
 - مؤشر الاستجابة Réponses: بتحديد مختلف القوانين والتدابير التي تم اتخاذها بهدف الحد والتخفيف من حدة التدهور الناتج عن الاستغلال العشوائي للمقالع، مع تحديد درجة نجاعتها وما طبق منها على أرض الواقع.
- تحليل المؤشرات البيئية أو التقييم البيئي المتكامل FPEIR، هو مؤشر طور خصيصا للمساهمة في فهم وتحليل التغيرات الرئيسية الكبرى في الوضعية البيئية بالمجال (المجالات المحيطة بالمقالع بإقليم بنسليمان في حالتنا). واستنباط عواقبها من خلال اعتماد تحليل يشمل تحديد سبب الأزمة البيئية، أنشطتها وانعكاساتها السلبية على المجال، العوامل المسؤولة عنها، والتدابير المتخذة لتحسين الوضعية مع مراعاة ما طبق منها.
- ويبقى الهدف الأساسي من بناء هذا النموذج إنجاز تقييم بيئي متكامل للوضعية يقضي في نهاية المطاف الوصول إلى نظرة مستقبلية بهدف تحديد الإجراءات التي يمكن اتخاذها من أجل إيجاد مستقبل أكثر استدامة. وذلك من خلال تتبع خطوات محددة ومنطقية والإجابة على خمس أسئلة أساسية:



• العمل الكارطوغرافي:

تم الاعتماد في إعداد خرائط هذا المقال على بعض تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، ولعل أبرزها توظيف صور الأقمار الصناعية التالية:

- الصورة الأولى تم التقاطها عن طريق المستشعر TM للقمر الصناعي لاندسات 5 بتاريخ 12 يوليوز 1997، بدقة مكانية ذات 30 متر؛
- الصورة الثانية تم التقاطها عن طريق المستشعر OLI_TIRS للقمر الصناعي لاندسات 8 بتاريخ 12 يونيو 2021، بدقة مكانية ذات 30 متر؛
- الصورة الثالثة للقمر الاصطناعي سنتنيل 2 ب المستوى الثاني (Sentinel 2b level 2) بتاريخ 02 ماي 2022، بدقة مكانية ذات 10 أمتار.



📍 موقع ومجال البحث:

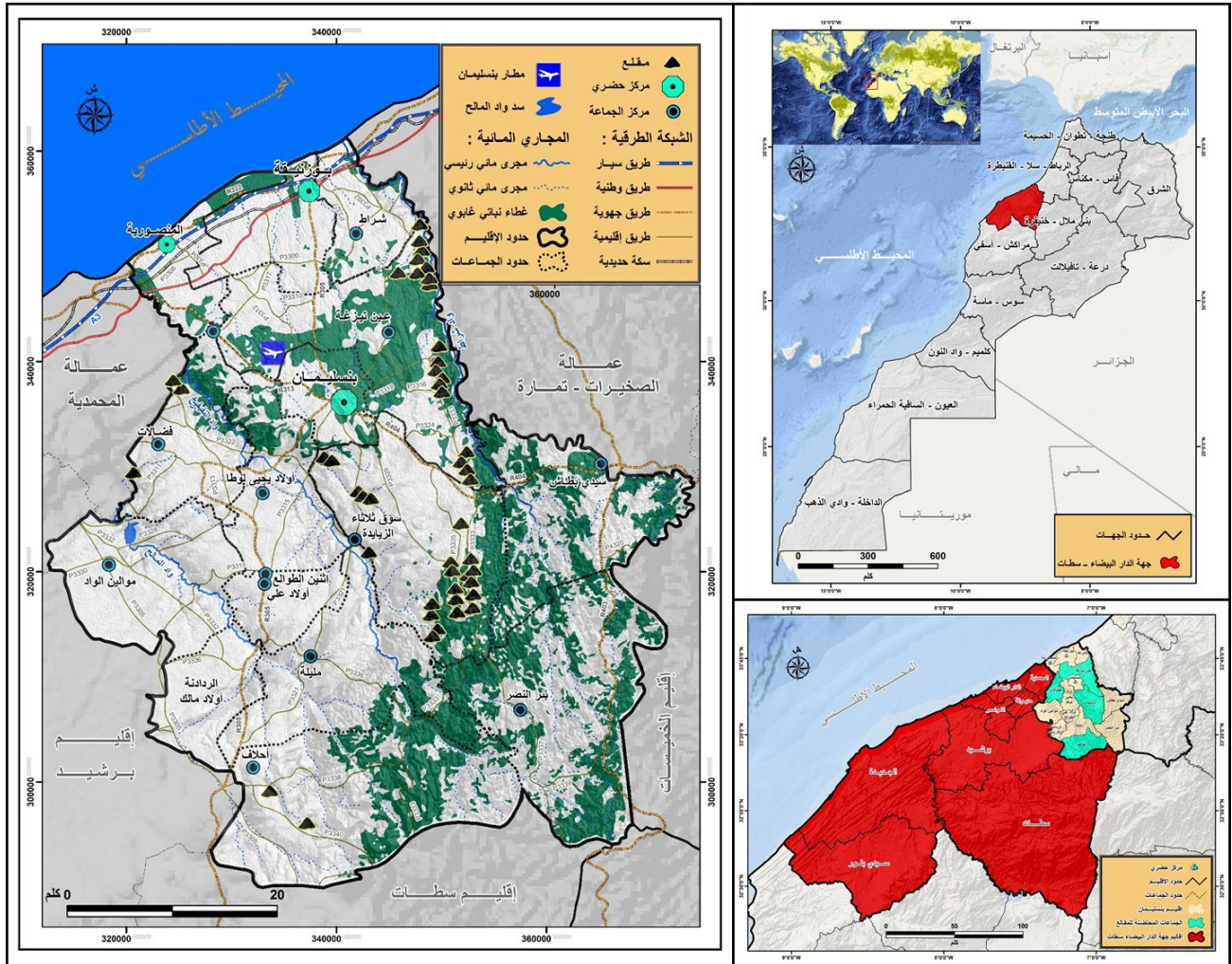
يمتد إقليم بنسليمان على مساحة تقدر بحوالي 240000 هكتار (2400 كلم²) أي ما يمثل 0.33% من مساحة المغرب، وينتمي من الناحية الطبيعية إلى الهضبة الوسطى الغربية (المزيطة) الواقعة بالشمال الغربي من المغرب، يحده من جهة الشرق واد شراط وواد كريفلة على مستوى تراب جماعة سيدي بطاش، وواد المالح من الجنوب الغربي، والمحيط الأطلسي من الشمال الغربي وكتلة الخطوات من جهة الجنوب. أما من الناحية الإدارية فيعتبر إقليم بنسليمان جزءا من جهة الدار البيضاء - سطات. يمتد على عمق 50 إلى 60 كلم انطلاقا من الساحل وصولا إلى سيدي البطاش مع إطلالة بطول 35 كلم على المحيط الأطلسي على طول السهل الساحلي. وتحده عمالة الصخيرات - تمارة من الشمال الشرقي وإقليم

مجلة الدراسات الإفريقية وحوض النيل- المجلد الرابع- العدد السادس عشر- يونيو 2022م

الخميسات من الشرق وإقليم السطات من الجنوب الغربي وإقليم خريبكة من الجنوب وعمالة المحمدية من الشمال الغربي. ويتكون إقليم بنسليمان من الدوائر والجماعات التالية: جماعة الزبايدة، عين تيزغة، الشراط، سيدي بطاش، أولاد يحيى لوطا، فضالات، أولاد علي الطوابع، موالين الواد، مليلة، الرادانة أولاد مالك، أحلاف، بئر النصر، والمراكز الحضرية بنسليمان، بوزنيقة والمنصورية.

أما فيما يخص الجماعات التي تحتضن المقالع فوق ترابها فهي كل من: جماعة عين تيزغة بأقصى شرق الإقليم، ويقع مقرها على بعد 7 كيلومترات من مدينة بنسليمان بمركز العيون. جماعة الزبايدة جنوب مدينة بنسليمان. ثم جماعة فضالات غرب إقليم بنسليمان، ويقع مركزها على بعد 25 كلم من مدينة بنسليمان، و12 كلم من مدينة المحمدية، و12 كلم من مدينة الدار البيضاء. في حين تقع جماعة أحلاف في أقصى الجنوب يبعد مقرها ب 55 كلم عن مدينة بنسليمان و2 كلم عن مدينة الكارة و30 كلم عن مدينة برشيد.

خريطة رقم (01): توطين المجال المدروس على المستوى الوطني والجهوي والمحلي



المصدر: عمل شخصي بالاعتماد:- على معطيات التقسيم الجهوي للمغرب سنة 2016، ونموذج الارتفاعات الرقمي SRTM بدقة 30 متر.

- معطيات المديرية الإقليمية للتجهيز والنقل واللوجستيك والماء، سنة 2022.

مجلة الدراسات الإفريقية وحوض النيل- المجلد الرابع- العدد السادس عشر- يونيو 2022م

ويحتضن إقليم بنسليمان 46 مقلعا تتوزع على أربع جماعات ترابية: تتركز 41 منها بشرق الإقليم، حيث تتوفر جماعة الزيادة على ما مجموعه 22 مقلعا، تليها جماعة عين تيزغة ب 19 مقلعا، في حين تراجع الأهمية بباقي الجماعتين إذ لا يتعدى مجموع المقالع 3 بجماعة فضالات بالغرب، ومقلعين بالجماعة الترابية أحلاف في أقصى جنوب الإقليم. وتتمركز بالضبط هذه المقالع بالضبط في الضفة الغربية لواد شرط، حيث أن 89% من هذه المقالع تنتشر بمحاذاة واد شرط، إذ أن 48% من مقالع الإقليم تتركز بجماعة الزيادة و41% بجماعة عين تيزغة. في حين 7% تنتشر بجماعة فضالات، و4% فقط بجماعة أحلاف.

الناتج ومناقشتها:

1. انبعاثات وانتشار الغبار:

يعد الغبار الناجم عن الأنشطة الاستخراجية للمقالع المصاحبة لمختلف مراحل الإنتاج والتوزيع بمثابة الملوث الرئيسي للغلاف الجوي والهواء، بالإضافة إلى حركة الشاحنات على الطرق المعبدة وغير المعبدة والتي تمتد على مسافات جد طويلة، يرفع من حدة تلوث الهواء بالمجال المدروس خاصة خلال فصل الصيف والفترات الجافة، اعتبارا للدور الكبير الذي يلعبه الماء في القضاء على الغبار المنتشر في الجو والتخفيف من حدته.

تتفاوت كمية الغبار الناتج عن هذه الأنشطة والعمليات تبعا لمجموعة من العوامل، لعل أبرزها مساحة المقلع نفسه، عدد الآلات التي يتضمنها والمدة الزمنية لاشتغال هذه الآلات. كما تعد الرياح بمثابة الأثر الميكانيكي المسؤول عن زيادة معدلات نقل الغبار من أماكن تواجد المقالع نحو المجالات المحيطة بها التي تحتضن التجمعات البشرية والمساكن والأراضي الزراعية، الشيء الذي يخلف أضرار بيئية وصحية خطيرة. ويوفر فصل الصيف الظروف المثالية للانتشار القوي والسريع للجسيمات التي يتضمنها الغبار المتطاير من المقالع، حيث تسود فترات الجفاف الطويلة وتكون الرياح قوية خاصة بجوار المجالات الغابوية.

خصائص الغبار ومكوناته:

في صناعة المقالع والأنشطة الاستخراجية بصفة عامة، يطلق مصطلح الغبار على الجسيمات/الجزيئات الصلبة والخاملة غير القابلة للذوبان التي يتراوح قطرها ما بين 0 و40 ميكرون، وأحيانا يتم استبدال مصطلح الغبار بمصطلح "الجسيمات الدقيقة" لعناصر قطرها أقل من 80 ميكرو متر (μm) وعادة ما تكون مرتبطة بمقالع الرمال. ⁽¹⁾ ويؤثر حجم هذه الجسيمات بشكل مباشر على سلوكها في البيئة، فهو المسؤول الرئيسي عن طريقة انتشارها في الجو ونوعية سلوكها اتجاه الظروف المناخية.

عموما فإن مستغلي المقالع، عادة ما يستخدمون مفردات محددة لتسمية الجزيئات وفقا لحجمها:

- الغبار الخشن أو الجزيئات الكبيرة القابلة للترسب: يتراوح حجمها ما بين 40 و80 ميكرون، وتتواجد هذه الجسيمات في أسفل طبقات الغلاف الجوي السفلي على ارتفاع 3000 متر عن سطح الأرض، هذا النوع من الغبار يتميز بثقله الشيء الذي يؤدي إلى سقوطه سريعا على الأرض؛

⁽¹⁾ Piédoue J. (juin 1996) : « Le dépoussiérage en carrières », Mines et Carrières, volume 78, page : 56.

• الغبار المتوسط أو الجزيئات نصف الدقيقة: يتراوح حجمها ما بين 1 و40 ميكرون، وتبقى عالقة في الهواء لفترة أطول من سابقتها؛

• الغبار الناعم وهي الجزيئات تحت المجهرية التي يقل حجمها عن 1 ميكرون، تشكل أصغر عنصر هوائي في الجو، ويتم امتصاصها من قبل الغازات الملوثة وبخار الماء، كما تبقى عالقة في الجو لفترات طويلة.

تعتبر الجسيمات من المؤشرات الرئيسية لقياس جودة الهواء اليوم، وتميز السلطات المسؤولة عن مراقبة جودة الهواء بين ثلاثة أنواع رئيسية: PM10 جسيمات يقل قطرها أو يساوي 10 ميكرون، PM2.5 جسيمات يقل قطرها أو يساوي 2.5 ميكرون، وPM1 جزيئات لا يتعدى قطرها 1 ميكرون. وتتكون هذه الجزيئات المتواجدة بالغلاف الجوي (خاصة جزيئات PM10 وPM2.5) كيميائياً بشكل رئيسي من مواد كربونية (مواد عضوية، كربون) وعناصر أيونية وأكاسيد معدنية.⁽²⁾

مصادر الغبار وأهميتها:

تتعدد مصادر خلق ونشر الغبار بالمقالع تبعاً لمجموعة من المراحل، حيث تخلف كل مرحلة من مراحل التنقيب عن الصخر والاستخراج والمعالجة والإنتاج ونقل المواد كميات محددة من الغبار المنتشر بالجو. عموماً يمكن تصنيف الأنشطة المختلفة لمراحل عمل المقالع وفقاً لكمية الغبار الناتج كما هو مبين في الجدول التالي:

الجدول رقم (01): مصادر الغبار بالمقالع وأهميتها.

مصادر بكميات معتدلة	مصادر بكميات مهمة	مصادر بكميات مهمة جداً
<ul style="list-style-type: none"> ■ إزالة الغطاء العلوي للسطح ■ عمليات الحفر ■ إزالة المواد المضرة ■ نقل المواد بواسطة Trémies ■ عملية الغسل 	<ul style="list-style-type: none"> ■ نقل المواد بواسطة الشاحنات ■ الشحن والتفريغ ■ التخلص من نفايات المواد المستخرجة 	<ul style="list-style-type: none"> ■ حركة محركات الآلات والجرافات ■ استعمال المتفجرات ■ عملية السحق ■ عملية الغريلة

المصدر: 19 : page « Carrières, poussières et environnement » de l'UNICEM Les études de

❖ إزالة الغطاء العلوي للسطح: تعرية الغطاء العلوي للسطح من الصخور والتربة والنفايات يلعب دوراً مهماً في تكون وانتشار الغبار، فبمجرد إزالة الغطاء النباتي تسهل الرياح عملية نقل هذه الأتربة على شكل غبار؛

❖ عمليات الحفر: إن ترك ثقوب عمودية عميقة وتكسير الصخور يحول نسبة مهمة منها إلى غبار وشظايا خارج الحفر يسهل نقلها بواسطة الرياح؛

❖ عملية الغسل: يحد الغسل بشكل طبيعي من انبعاث الغبار في الجو، إلا أن هذه العملية تولد ماء مشحون ومحمل بالأتربة نحو خزانات الترسيب، وتكرار هذه العملية يتم تجفيف هذه الآلات مما قد يتسبب في بعض الأحيان بتطاير الغبار بعيداً؛

❖ نقل المواد بواسطة قناة Trémies: يتم إطلاق الغبار المتواجد ضمن كتلة المواد، وينتج غبار آخر عن حركتها؛

⁽²⁾ Les études de l'UNICEM – Impacts industriels (février 2011) : « Carrières, poussières et environnement », page : 14.

- ❖ نقل المواد بواسطة الشاحنات: يتسبب دوران الشاحنات والجرافات على المسارات في تآكل التربة وفرك الصخور وبالتالي نشر الغبار، بالإضافة إلى أن نقل المواد عبر الشاحنات على الطرق غير المعبدة يتسبب في خلق اهتزازات ومطبات من شأنها أن تطلق دفعة أخرى من الغبار في الجو؛
 - ❖ الشحن والتفريغ: كلما ارتفعت سرعة الرياح فإن هاتين العمليتين يخلفان كميات أكبر دائمة ومهمة من الغبار. بالإضافة إلى أن ترك المنتج على شكل أكوام وكثبان فردية يجعلها عرضة لعمليات النقل بواسطة الرياح، خاصة وأن المواد التي يتم التعامل معها دقيقة وجافة. دون أن ننسى بعض الجسيمات التي تلتصق بعجلات الشاحنات وهيكلها بمجرد جفافها فهي تطير بعيدا؛
 - ❖ استعمال المتفجرات: خلال وقت الانفجار فإن هذه المتفجرات التي تدخل الحفر تترك شظايا كبيرة من الصخور في وقت قصير جدا، كما تخلف سحابة مهمة جدا تنتشر بسرعة في الجو مكونة من الغبار الذي كان موجودا على سطح الأرض بجوار الحفر أثناء الانفجار؛
 - ❖ عملية السحق: يتم سحق المواد والصخور بهدف تقليص حجم المواد الخام والحصول على منتجات ذات قطر محدد يتوافق مع الحجم المطلوب من طرف العملاء أو لتسهيل عمليات المعالجة اللاحقة. تخلف هذه العملية ركاما من الصخور مما يطلق جزيئات دقيقة في الجو على شكل غبار تختلف حسب نوع الآلات المستعملة في كل مرحلة من مراحل عملية السحق؛
 - ❖ عملية الغريلة: فصل المواد وتقليبها يؤدي إلى تشتيت ونشر كميات مهمة جدا من الغبار في الجو، بالإضافة إلى أن احتكاك هذه المواد ببعضها البعض يولد موجات أخرى من الجسيمات الدقيقة التي يرتفع حجمها كلما كان المنتج المراد غريلته دقيقا.⁽³⁾
- كل هذه المراحل يختلف تأثيرها تبعا للظروف المناخية، إذ ترتفع حدتها كلما كانت الرياح قوية والجفاف شديدا ودرجة الحرارة مرتفعة.

طرق انتشار الغبار في الجو:

في الظروف الجوية التي تتميز بهواء هادئ عند درجة حرارة 20 درجة مئوية (°C)، تتحدد سرعة الجسيمات المنقولة في الجو حسب حجمها كما هو موضح في الجدول أسفله:

الجدول رقم (02): سرعة سقوط الجسيمات حسب حجمها.

سرعة سقوطها بالسنتيمتر/الثانية	حجم الجسيمات بالميكرون
400	1 000
30	100
0,3	10
0,0035 (سنتيمتر/الساعة 12,6)	1

⁽³⁾ Les études de l'UNICEM – Impacts industriels (février 2011) : « Carrières, poussières et environnement », pages : 19-20-21-22-23-24-25.

(بتصرف)

0,000035

0,1

المصدر: (4) Campanac et al., 1990

كما ويظهر من خلال الجدول التالي المسافة التي تقطعها الجسيمات تبعاً لسرعة الرياح عندما يصبح حجم مخزون المواد المستخرجة على شكل ركام أو كثيب ذو ارتفاع 15 متر.

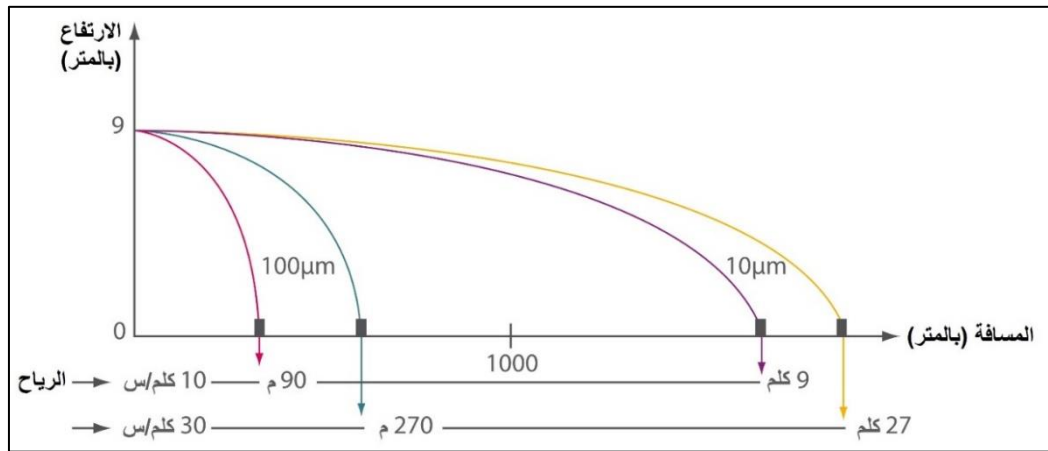
الجدول رقم (03): المسافة المقطوعة من طرف الجزيئات حسب حجمها وسرعة الرياح.

حجم الجزيئات بالميكرومتر (μm)	200	100	30	10	5	1
سرعة الرياح 10 كلم/الساعة	0,03 كلم	0,15 كلم	0,6 كلم	14 كلم	42 كلم	140 كلم
سرعة الرياح 30 كلم/الساعة	0,1 كلم	0,4 كلم	1,8 كلم	40 كلم	125 كلم	4165 كلم

المصدر: Piédoué J. (juin 1996) : « Le dépoussiérage en carrières »

نفس الشيء يوضحه الرسم البياني التالي، حيث يمثل المسافة التي تقطعها هذه الجسيمات عند ارتفاع 9 أمتار.

شكل رقم (01): مبيان تأثير العامل الميكانيكي للرياح على نقل و انتشار الغبار.



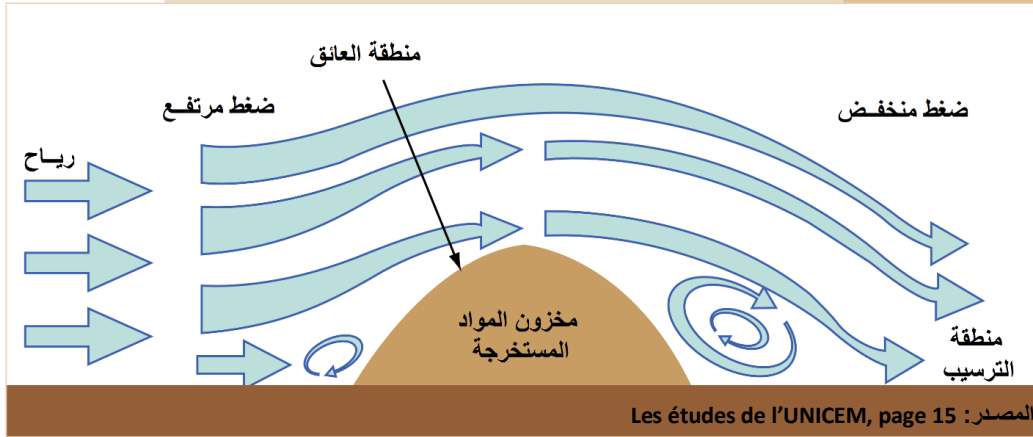
المصدر: Les études de l'UNICEM, page 15

تظل هذه البيانات النظرية خاصة بالمناطق القريبة من الأرض والمسطحة على عكس مواقع المقالع حيث انتشار عوائق أمام الرياح يغير من سلوكها وسرعتها كالأشجار، المنشآت، والتضاريس الوعرة، ومخزون المواد المستخرجة الذي يكون على شكل كثبان. الشيء الذي يخفف من سرعة الرياح في بعض الأحيان ويؤدي إلى تراكم هذه الجزيئات وترسيبها على سطح الأرض بعد مسافات قصيرة من موقع المقلع مما يخلف انعكاسات بيئية خطيرة على التربة.⁽⁵⁾

(4) Campanac R., Allombert J., Delobelle T. (1990): « Granulats », Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées.

(5) Les études de l'UNICEM – Impacts industriels (février 2011) : « Carrières, poussières et environnement », pages : 15.

شكل رقم (2): تعديل سلوك الرياح نتيجة اصطدامها بكثبان المواد المستخرجة



دون أن ننسى عامل الحرارة، فكلما كانت درجة الحرارة مرتفعة زادت معها حدة الجفاف لترتفع بذلك شدة عنف الرياح وقدرتها على نقل هذه الجسيمات.

ii. تأثير غبار المقالع على جودة الهواء بإقليم بنسليمان:

يختلف حجم التأثيرات البيئية للغبار المنبعث من مقالع إقليم بنسليمان حسب الخصائص الكيميائية للصخر الأصلي للمواد المستخرجة من المقلع من جهة، وحسب حجم الجسيمات المنبعثة من مختلف مراحل الإنتاج والتوزيع سواء غبار الترسيب (Poussières sédimentables) الذي يبقى في مناطق قريبة من الموقع بحوالي 300 متر، أو الجسيمات الدقيقة PM10 و PM2.5 التي تنقل بواسطة الرياح لمسافات طويلة.

عند انبعاث الغبار يتم تعليقه في الجو لفترة من الزمن يمكن من خلالها أن يؤثر على جودة الهواء عن طريق تغيير الكيفية التي يمر بها الضوء والتفاعل مع المكونات الأخرى للغلاف الجوي، وبهذه الطريقة يؤثر على سلوك الغلاف الجوي اتجاه بياض الأرض مما يؤثر على درجة امتصاص وعكس أشعة الشمس وبالتالي التأثير على درجة حرارة المجال محليا. كما أن الغبار المنبعث في الغلاف الجوي يتفاعل مع جزيئات الأوزون (O₃) التي تواجهها مما يؤدي إلى تقليل تركيز غاز الأوزون في طبقة التروبوسفير.⁽⁶⁾

صورة رقم (02): انتشار غبار المقالع في الجو بدوار الكدية



صورة رقم (01): انتشار غبار شاحنات المقالع بجماعة الزيادة



المصدر: تقرير بوشعيب الحمراوي حول استنزاف الثروات الغابوية والساحلية بإقليم بنسليمان خلال سنة 2021.

⁽⁶⁾ Maxime Descôteaux (2012) : « Diminuer les émissions de poussières d'un site d'extraction et de traitement de pierre calcaire », Essai présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement, Sherbrooke, Québec, Canada ; page : 20.

يتفق بعض الخبراء⁽⁷⁾ على أن الجسيمات الموجودة في الغلاف الجوي تسمح للسحب بتجميع المزيد من الماء قبل أن تؤدي إلى هطول الأمطار، الشيء الذي يزيد من عمر السحابة وبالتالي يقلل من تواتر هطول الأمطار وفي بعض الأحيان هطول الأمطار قبل أوانها ونشر الضباب.

دون أن ننسى أن معظم مقالع إقليم بنسليمان تتموضع في مناطق مرتفعة خاصة بجماعة عين تيزغة بالضفة الغربية لواد شراط وقرب مرتفعات واد النفيفيخ مما يسهل عملية نقل الغبار بواسطة الرياح، الشيء الذي يزيد معاناة الساكنة ويتسبب بمشاكل صحية لهم.

III. تراجع جودة الغطاء النباتي جراء تأثير انبعاثات الغبار:

أسفرت تحليلات المقارنة ما بين توزيع الغطاء النباتي الطبيعي بإقليم بنسليمان خلال الفترة الممتدة ما بين سنة 1997 وسنة 2021 على النتائج التالية:

يظهر من خلال الخريطة رقم (02) أن مجال إقليم بنسليمان عرف تغيرات كبيرة وواضحة خلال هذه 24 سنة على مستوى استغلال تربة المجال ومساحة المجالات الغابوية إذ نجد أن:

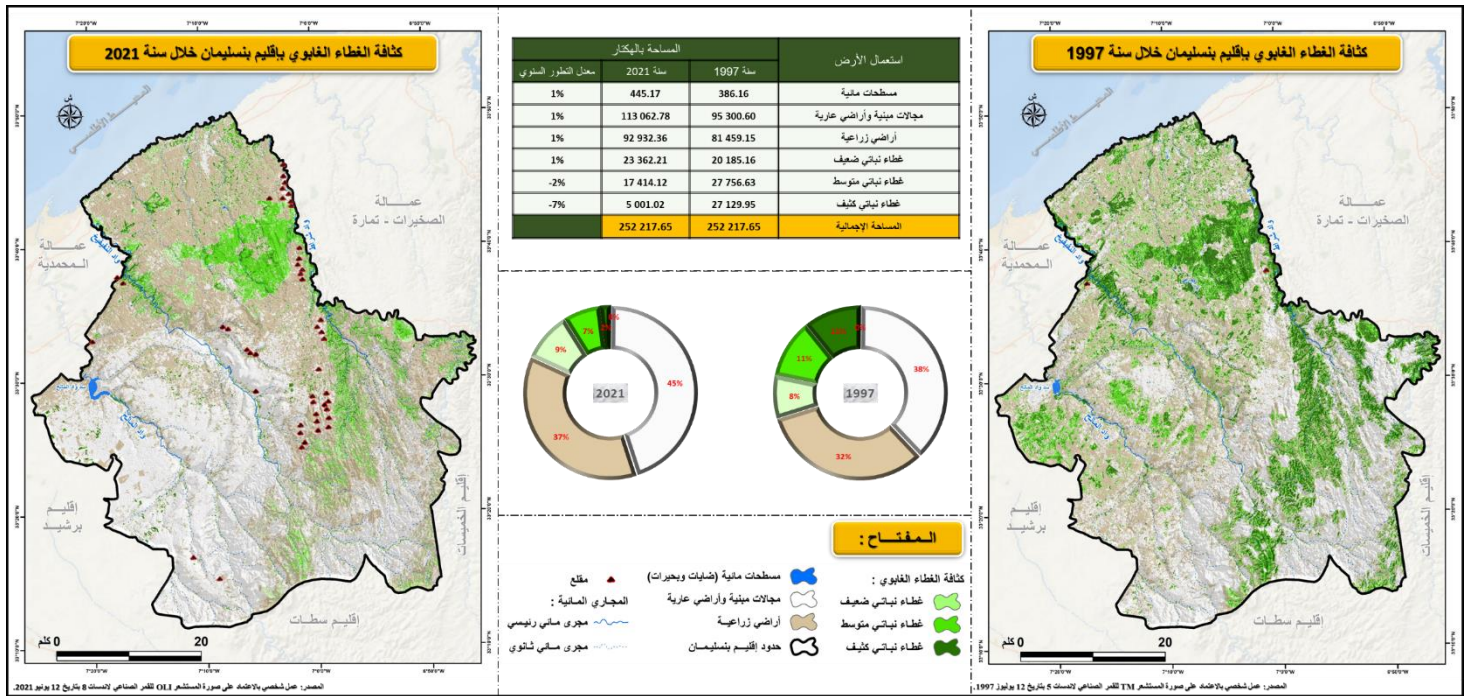
- ارتفعت نسبة المسطحات المائية بنسبة تصل ل 1% خلال كل سنة، حيث كان مجموع البحيرات والضايات والأنهار والسدود يشكل ما مساحته 386,16 هكتار خلال سنة 1997 ليرتفع ويصل إلى ما مجموعه 445,17 هكتار خلال سنة 2021؛
- فيما يخص المجالات العارية والأراضي المبنية والتجمعات السكنية بدورها ارتفعت بما نسبته 1% خلال كل سنة، إذ كانت تشكل مساحة تقدر 95300,60 هكتار لتصل خلال سنة 2021 إلى حدود 113062,78 هكتار، وهو أمر طبيعي بالنظر إلى حجم التطورات التي عرفتها المراكز الحضرية وتوسعها على حساب المجالات المجاورة بما فيها الأراضي الزراعية والغابات، خاصة بالجنوب الغربي للإقليم عند ضفاف واد المالح لتشكل بذلك ما نسبته 45% من مجموع تراب الإقليم؛
- تشير نتائج المقارنة إلى أن مساحة الأراضي الزراعية بالإقليم خلال هذه الفترة قد ارتفعت بدورها بنسبة 1% من 81459,15 هكتار إلى 92932,36 هكتار نتيجة مخططات التنمية التي كانت مسيطرة وتسير في اتجاه تحويل إقليم بنسليمان إلى إقليم فلاحي وزراعي بالنظر لحجم المؤهلات الترابية والموارد المائية التي يتوفر عليها؛
- أما بخصوص مؤشرات الغطاء النباتي الضعيف من حيث الكثافة والجودة فقد زادت مساحته بحكم التدهور الذي عرفته مختلف المجالات التي كانت ذات غطاء نباتي كثيف، حيث تراجعت العديد من الغابات وأشجار البلوط لتتحول بذلك إلى مجالات واسعة من الماطورال وأجزاء من العرعار البري والبلوط الفليني المتدهورة، هذا الارتفاع عرف تطورا سنويا يقدر بنسبة 1% حيث كانت تشكل المساحة خلال سنة 1997 ما مجموعه 20185,16 هكتار لترتفع إلى 23362,21 هكتار خلال سنة 2021 مشكلة بذلك ما نسبته 9% من مجموع تراب إقليم بنسليمان؛
- شهد الغطاء الغابوي ذو الكثافة المتوسطة تراجعا بنسبة 2% كل سنة خلال هذه 24 سنة الأخيرة، إذ نقصت مساحته بحوالي 10000 هكتار أثناء هذه الفترة، فقد شكلت مساحته ما يقدر ب 27756,63 هكتار بسنة 1997 لتتخف إلى 17414,12 هكتار خلال سنة 2021، هذا التراجع يهم مناطق مهمة بجنوب الإقليم: تيفساسين بجوار مقالع الزيادة وغابة

(7) GIEC, 2001 ; Goudie et Middleton, 2006.

المذاكرة بأقصى الجنوب، وأغلب هذه التشكيلات النباتية هي من البلوط الفليبي والعرعار البري ومساحات مهمة متدهورة من الماطورال تشكل ما مجموعه 11% من مجموع تراب الإقليم؛

- عرفت المجالات الغابوية التي كانت كثيفة خلال هذه الفترة تراجعاً مهماً وكبيراً يدل على حجم التدهور الذي يعرفه قطاع الغابة بالمجال وصل إلى حدود 7% من النقص وفقدان مجالات واسعة من البلوط الفليبي بغابة بنسليمان والعرعار البري المحيط بصفة واد شراط على طول الشريط الشرقي للإقليم حيث تركز أغلب وأهم مقالع الإقليم، وبالقرب من واد النفيفيخ حيث تتمركز مقالع جماعة فضالات. إذ نقصت كثافة هذه المجالات وتراجعت جودتها وتقلصت مساحتها بحوالي 22000 ألف هكتار، فانتقلت من 27130 هكتار خلال سنة 1997 إلى حوالي 5000 هكتار فقط خلال سنة 2021. لتشكل بذلك نسبة لا تتعدى 2% من مجموع تراب الإقليم بعد ما كانت تناهز 11% سابقاً.

خريطة رقم (02): تطور الغطاء الغابوي بإقليم بنسليمان خلال الفترة الممتدة ما بين 1997 و2021.



لا يمكن تحميل أنشطة المقالع المسؤولة كاملة عن هذا التدهور الذي عرفه القطاع الغابوي بإقليم بنسليمان، إلا أنه لا بد من تحميلها جزءاً من المسؤولية خصوصاً بغابة بنسليمان بجماعة عين تيزغة وعلى طول الضفة الغربية لواد شراط حيث يتركز أعداد مهمة من المقالع يصل عددها إلى حوالي 19 مقلعاً. فكما هو معلوم وسبق الإشارة إليه أن الأنشطة الاستخراجية للمقالع يرافقها نتائج سلبية تنعكس سلباً على البيئة المحيطة بالمجال، فقد ساهم وجود هذه المقالع بجماعات الإقليم خاصة عين تيزغة والزيادة وفضالات في تدمير والقضاء على العديد من النباتات الطبيعية بالمجال وتراجع مساحات مهمة من غابات البلوط الفليبي والعرعار البري، وذلك إما بطريقة مباشرة عن طريق إزالتها للبحث عن المواد وإقامة المقالع وتعرية السفوح مما ينشط عمليات التعرية الهيدرولوجية والريحية بالمجال أو بطريقة غير مباشرة عن طريق انبعاثات الغبار المتطايرة من أفواه المقالع والآلات المستعملة في عملية إنتاج وتوزيع موادها المستخرجة. حيث عندما تكون

تداعيات الغبار مهمة جدا، يمكن أن تكون النسبة التي ترسبت منه على النباتات كافية لتغيير تركيب مادة الكلوروفيل وإبطاء نمو النباتات، إذ أن تراكم هذا الغبار يؤدي إلى جفافها وتغير ألوانها من الأخضر إلى الأخضر المصفر نتيجة إعاقه عملية التركيب الضوئي واختناق النباتات بسبب إغلاق مسامات أوراقها.

تعتبر هذه الغابات مصدر عيش بالنسبة للسكان وبالنسبة لماشيئها، كما أن تعرية هذه المناطق الغابوية يؤثر على التماسك والحفاظ على العلاقة البيولوجية بين الإنسان والمجال الطبيعي، وبالتالي ظهور مجموعة من العواقب على الأحياء النباتية والحيوانية بالمجال.

IV. ارتفاع مستويات عكارة الشبكة الهيدرولوجية جراء تأثير انبعاثات الغبار:

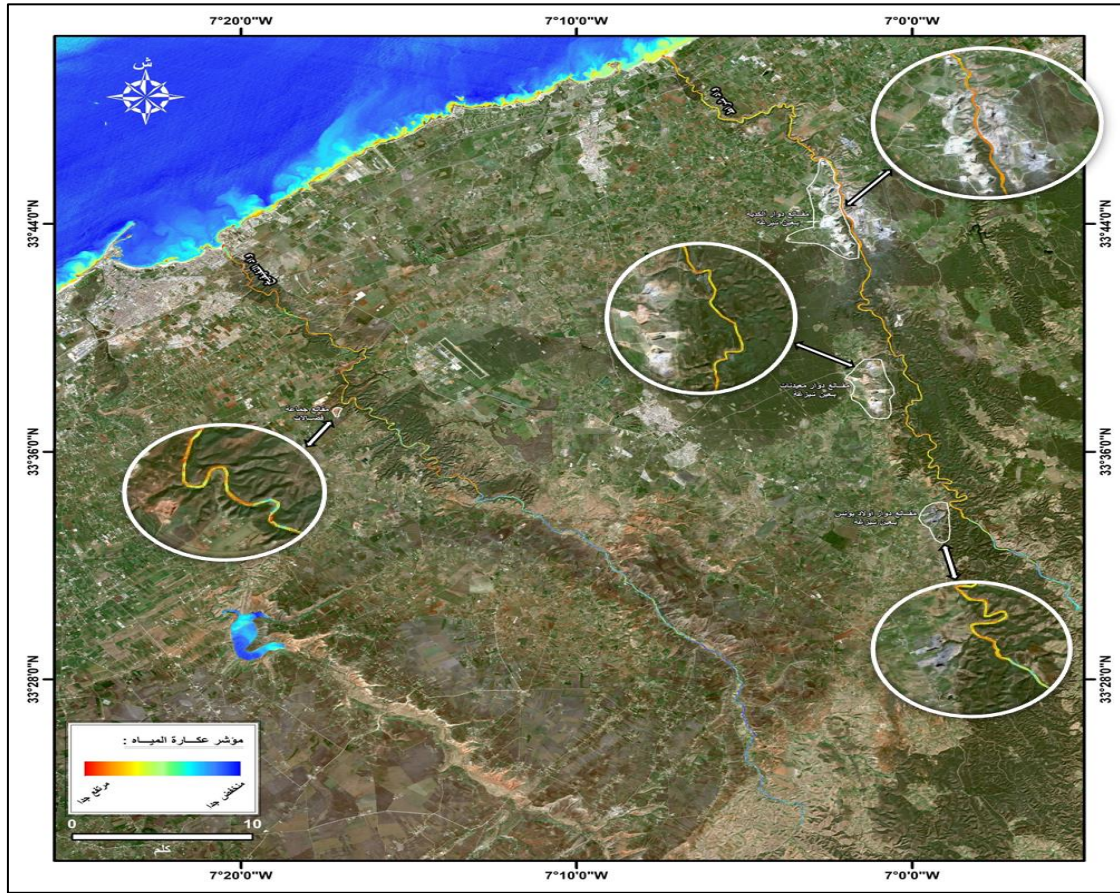
ترتفع نسبة عكارة مياه واد شراط بجوار مختلف مقالع جماعة عين تيزغة انطلاقا من مقالع دوار ولاد يونس، حيث قبلها كان يعرف الواد مستويات منخفضة من العكارة لكن بمجرد تجاوز هذا الدوار تبدأ هذه الأخيرة في الارتفاع بدرجات متصاعدة. وتستمر على نفس الدرجات بجوار مقالع دوار معيدنات، في حين تبلغ أقصاها بجوار دوار الكدية حيث يشكل الدوار نقطة الالتقاء والاتصال المباشر بين المقالع التسعة التي يتوفر عليها مع المجرى الرئيسي للواد. ونفس الشيء نلاحظه فيما يخص واد النيفيخ ومقالع دوار أولاد بوجمعة بالجماعة الترابية فضالات.

يعزى هذا الارتفاع في درجات العكارة إلى المواد الملوثة والزيوت المتسربة من جهة وإلى الغبار المتطاير على مسافات طويلة من جهة ثانية، حيث تتلقى المسطحات المائية المتواجدة حول المقالع رواسب من الغبار الناجم عن أنشطتها، الشيء الذي يقوم بتعديل بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه المياه، مما يتسبب في:

- ❖ التغيير في حجم الإنتاجية: تغيير الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء يؤدي إلى زيادة تركيز بعض العناصر في الماء والتربة أو نقصانها كالحديد، المغنسيوم، الفوسفور وبعض المواد المغذية الأخرى، مما ينجم عنه آثار متباينة على إنتاجية النباتات التي تتغذى عليها؛
- ❖ سلوك الماء اتجاه الضوء: أي عمليتي الاختراق والانعكاس، قد تكون إيجابية في بعض الأحيان حيث أن ترسب الجسيمات في الماء يؤدي إلى تغيير طريقة دخول الضوء إليه وكيفية انعكاسه مما يغير لون المياه وسلوكها اتجاهه؛
- ❖ زيادة درجة الحموضة PH: حيث تقوم هذه الجسيمات بامتصاص المواد المتطايرة في الجو قبل ترسيبها بمياه الأودية الجارية. (8)

(8) Maxime Descôteaux (2012) , pages : 5-6-7-8-9.

خريطة رقم (03): درجة عكارة مياه واد شرراط وواد النفيفيخ بإقليم بنسليمان.



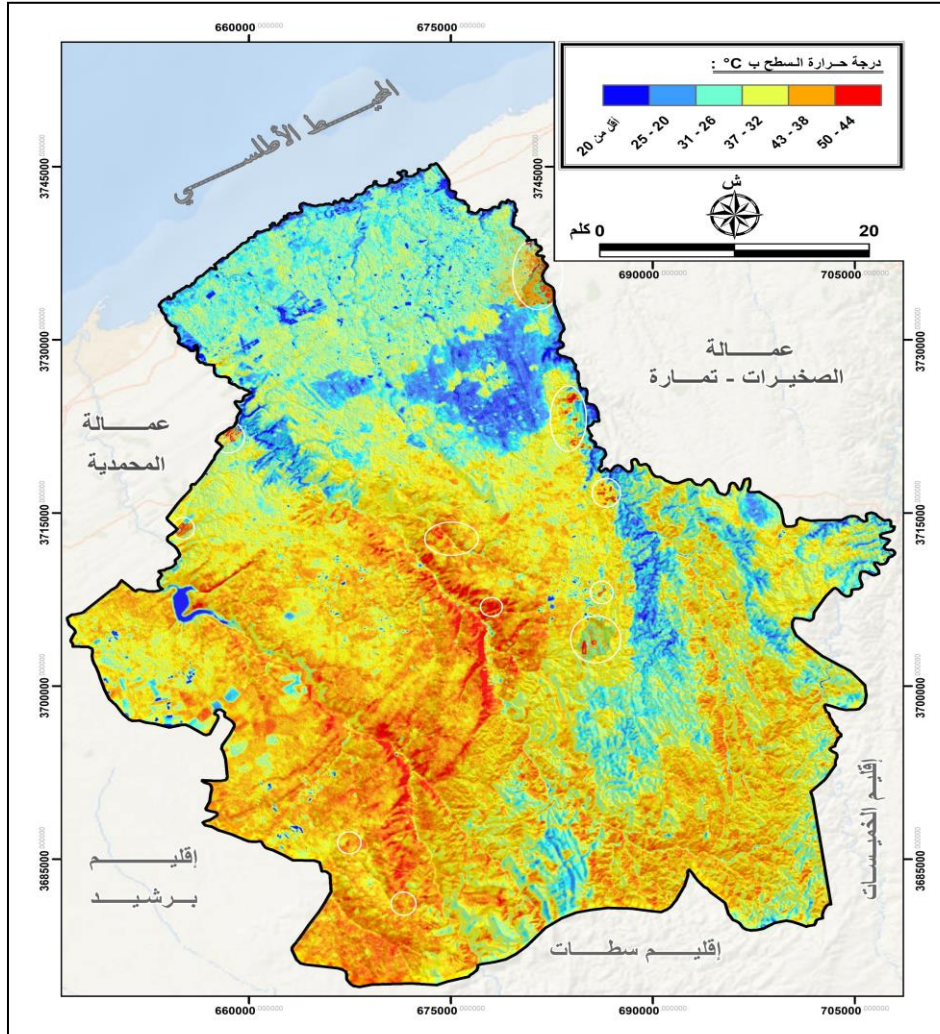
المصدر: عمل شخصي بالاعتماد على صورة القمر الصناعي سنتنيل 2 بتاريخ 02 ماي 2022. (صالح الدين كتابي)

7. تراجع جودة وخصوبة التربة جراء تأثير انبعاثات الغبار:

يتضح من خلال معطيات الخريطة رقم 4 تركيز التربة المتدهورة في المناطق المجاورة للمدن وبالمرتفعات الغربية الإقليم وبمحاذاة مواقع تركيز المقالع نتيجة الغبار المنبعث منها، حيث بمجرد ترسيبه على الأرض يقوم بتعديل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، ويؤثر على التماسك بين جزيئاتها وعلى درجة حمضيتها (كما يحصل مع الماء تماما) الشيء الذي ينعكس على نباتات المنطقة والمحاصيل الزراعية. (9) فتراكم هذا الغبار على سطح التربة ينجم عنه إغلاق مساماتها مما يؤدي إلى انخفاض خصوبتها بسبب التكدس الناجم عنه. كما أن ارتفاع درجة حرارة السطح يترتب عنه التلوث الكيميائي وتدفق الغازات إلى التربة لاسيما التربة بالطبقات السطحية المكشوفة والغنية بالطبقة الدبالية الضرورية لقيام المحاصيل الزراعية والغابات. إذ تتعرض تربات مناطق استخراج المواد إلى أخطار اختلال توازنها وذلك نظرا لتعرضها إلى المحروقات السائلة وبقايا زيوت الأجهزة التي تستخدم في الاستخراج والطحن والغبار.

(9) Maxime Descôteaux (2012), page : 11.

خريطة رقم (04): توزيع درجة حرارة السطح بإقليم بنسليمان.



المصدر: عمل شخصي بالاعتماد على صورة القمر الصناعي لاندسات 8 للمستشعر OLI بتاريخ 12 يونيو 2021 بدقة مكانية ذات 30 متر. (صلاح الدين كتابي)

كما أن جسيمات الغبار العالقة في الجو تقوم بامتصاص الغازات العادمة وتؤثر على سلوك الغلاف الجوي اتجاه بياض الأرض مما يؤثر على درجة امتصاص وعكس أشعة الشمس وبالتالي التأثير على درجة حرارة المجال محليا، إذ يتضح من خلال الخريطة ارتفاع درجة حرارة السطح والتربة بالعديد من المناطق المحيطة بالمقالع خاصة بالجزء الشرقي للإقليم حيث تتموضع أهم وأكبر المقالع وأكثرها إنتاجا للمواد والغبار.

VI. تأثير انبعاثات الغبار على صحة الساكنة وممتلكاتهم:

تشكل عمليات الحفر على المنحدرات المرتفعة جدا على مستوى هذه المقالع خطرا على سلامة العمال والساكنة المحلية. كما أن الغبار المتطاير الناجم عن مختلف الأنشطة التي ترافق عملية استخراج وإنتاج المواد يحاصر ساكنة الدواوير

مجلة الدراسات الإفريقية وحوض النيل- المجلد الرابع- العدد السادس عشر- يونيو 2022م

المجاورة ويغطي آلاف الهكتارات الفلاحية والغابوية مما يشكل عائقا أمام مزاولة الأنشطة الزراعية والرعية. ناهيك عن عمليات نقل المواد عبر الشاحنات الضخمة التي تطلق دفعات أخرى من الغبار وتمثل تهديدا آخر يمنع الساكنة من مزاولة أعمالهم اليومية باطمئنان ويهدد أمنهم وسلامة أطفالهم.

1. تراجع جودة المحاصيل الزراعية:

كما وسبق الإشارة إليه فإن الأنشطة الاستخراجية للمقالع وكميات الغبار الناجمة عنها تؤدي إلى تراجع في جودة المياه وخصوبة التربة وتقوم بتدمير أجزاء مهمة من الغطاء النباتي بالمجالات المحيطة بالمقلع، فالغبار الناتج ينتقل بكميات كبيرة وعلى مسافات طويلة ويطرسب فوق المحاصيل الزراعية القريبة من المقلع التي يتشكل أغلبها من القمح، الشعير، الذرة والعنب... الشيء الذي يتسبب في تلفها وتغيير بعض خصائصها البيوكيميائية كتغير لونها الذي ينتج عن نقص في كمية الضوء التي تصل إلى هذه النباتات جراء تراكم الغبار والأتربة عليها وتلف أطرافها بحكم انغلاق أنسجتها مما يعرقل عملية نموها ويقودها نحو اصفرار أوراقها.

صورة رقم (03): تساقط الغبار على المحاصيل الزراعية بجوار أحد مقالع جماعة



المصدر: تقرير بوشعيب الحمراوي حول استنزاف الثروات الغابوية والساحلية بإقليم بنسليمان، 2021.

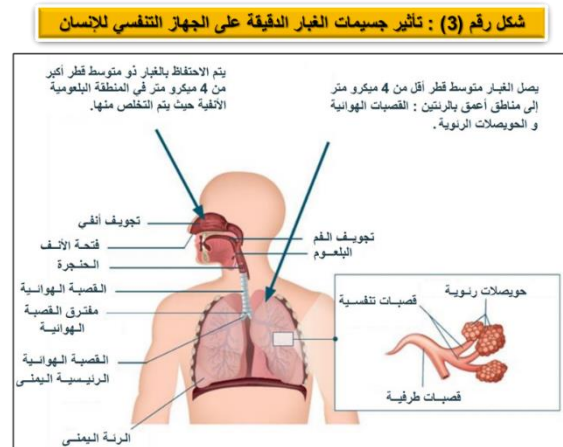
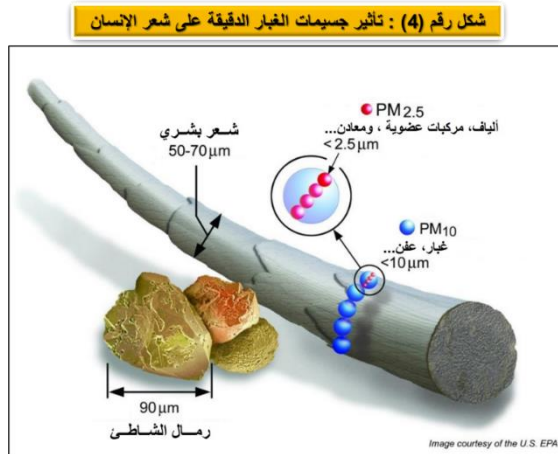
2. تدهور الوضعية الصحية جراء انتشار انبعاثات غبار المقالع:

تخلف أنشطة استغلال المقالع واستخراج المواد ونقلها كميات مهمة من الغبار في الجو تختلف حسب نوع المواد، الظروف الجوية وعدد ساعات العمل المتواصلة. مما قد يسمح بتجاوز معايير الحفاظ على الصحة البشرية في بعض الأحيان كما حددها المكتب الأوروبي لقياس جودة الهواء المحيط (directive européenne sur la qualité de l'air ambiant):

- بخصوص جسيمات PM2.5 فقد حدد معدل 25 ميكروغرام/م³ (µg/m³) كمتوسط خلال السنة؛
- بخصوص جسيمات PM10 فقد حدد معدل 50 ميكروغرام/م³ (µg/m³) كحد أقصى باليوم ومتوسط سنوي لا يتعدى 40 ميكروغرام/م³ (µg/m³). (35 يوم كحد أقصى للاشتغال فقط خلال السنة).

يختلف تأثير هذه الجسيمات على صحة الإنسان حسب حجمها وطبيعتها تكوينها الكيميائي، والأهمية وحدة التعرض لها (الحدة والتكرار والشدة):

- الجسيمات الرسوبية ذات الأقطار الكبيرة (ما بين 50 و250 ميكرو متر) قابلة للاستنشاق، ولكنها لا تتعدى الأجزاء العلوية من الجهاز التنفسي: لذا فهي أقل ضررا على الصحة من الجسيمات الدقيقة؛
- استنشاق جسيمات الغبار الدقيقة (PM₁₀ وPM_{2.5}) يكون تأثيرها أكبر على الجهاز التنفسي لأنها يمكن أن تتخطى أجهزة الفرز والتصفية الطبيعية في الجهاز التنفسي في الأنف وتصل إلى عمق الجهاز التنفسي والقصبات الهوائية الداخلية والحوصلات، خاصة الجسيمات الأقل حجمها من 2.5 ميكرون حيث يمكن للهواء حملها إلى مسافات بعيدة كما أن احتمال وصولها إلى الرئة في حال الاستنشاق يكون أكثر من الجزيئات الكبيرة التي تعلق في العادة في الجهاز التنفسي العلوي، ويمكن أن تنقل هذه الذرات أنواع من الأمراض مثل البكتيريا مما يزيد من التأثيرات الصحية على السكان كأمراض الجهاز التنفسي، الربو، ضيق التنفس، الجيوب الأنفية، التهاب القصبات الهوائية، الأزمات الصدرية، سرطان الحوصلات الرئوية، التهاب العيون والأمراض الجلدية...

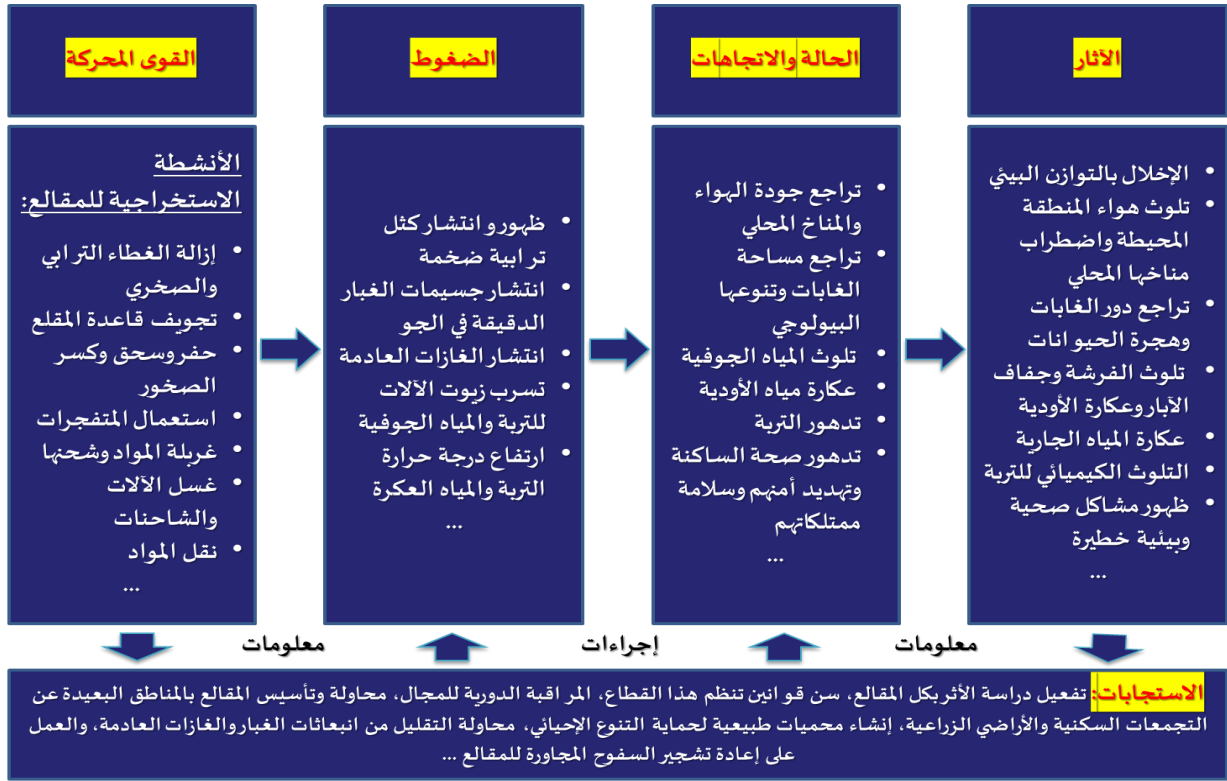


المصدر: (10) Perrine GARREAU (25 octobre 2019 – Tellin).

عموما تبقى أبرز الحلول نجاعة في التخفيف من تبعيات انبعاث غبار الأنشطة الاستخراجية للمقالع، استعمال الماء خلال مختلف مراحل إنتاج ونقل المواد المستخرجة، وتأسيس المقالع بالمناطق البعيدة عن التجمعات السكنية والأراضي الزراعية والمجالات الغابوية. وذلك كمحاولة لإيجاد مستقبل أكثر استدامة بالجماعات المحلية لإقليم بنسليمان، وتحقيق توازن بين طرفي المعادلة: التنمية المحلية والمحافظة على البيئة.

(10) Carrières unies de porphyre S.A. Perrine GARREAU (25 octobre 2019 – Tellin): « Analyse du risque lié à la poussière en carrière: Prévention et Environnement ».

تقويم DPSIR: انبعاثات غبار الأنشطة الاستخراجية للمقالع



← خلاصة:

حاولنا التركيز في هذا المقال على دراسة الأثر البيئي الذي تخلفه انبعاثات غبار الأنشطة الاستخراجية للمقالع على الوسط البيئي بإقليم بنسليمان ومختلف مكوناته من هواء، نبات، ماء، تربة وصحة الإنسان. حيث ينتج عن انبعاثات الجسيمات الدقيقة للغبار في الجو تداعيات سلبية تهم جميع هذه المجالات، إذ ينتج عن الغبار الصادر خلال جميع مراحل الإنتاج: أثناء عملية استعمال المتفجرات، أثناء عملية الكسر والاستخراج، وأثناء ملأ وإفراغ الشاحنات ونقل المواد... مجموعة من الأضرار سواء عبر تراجع جودة الهواء المحلي بالمنطقة وطريقة تفاعله مع الضوء، أو تعديله للخصائص البيولوجية والفيزيائية والكيميائية للغطاء النباتي والمحاصيل الزراعية، للماء والتربة. دون أن ننسى أن تصدير هذا الغبار يعد مصدرا للعديد من الأمراض والمخاطر الصحية بالمجالات المحيطة والقريبة من محيط هذه المقالع.

← المراجع:

• مراجع باللغة العربية:

- ◀ جمعة درويش عز الدين – جزا توفيق طالب، تقويم حجم القدرة الحثية الريحية والمطرية لمنطقة خانقين (دراسة في العمليات الجيومورفولوجية)، منشور بمجلة ديالى، العدد التاسع والأربعون، 2011.
- ◀ حسن عبد المنعم الحلايقة، أثار مقالع وصناعة الحجر على الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والبيئية في محافظة الخليل، رسالة ماجستير في الجغرافيا بكلية الدراسات العليا في جامعة بيرزيت، فلسطين، 2010.

- ◀ سعيد رضى، الغابة المغربية بين الاستدامة والتراجع، حالة غابة بنسليمان، بحث لنيل شهادة الماستر في البيئة والتنمية المستدامة، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، المحمدية، 2012.
- ◀ العنانزة علي أحمد، الآثار البيئية والجيومورفولوجية للمقالع الحجرية في محافظة الكرك، مؤتمة للبحوث والدراسات، المجلد الثامن عشر، العدد الثالث، جامعة مؤتمة، الأردن، 2003.
- ◀ نافع رشيدة، دراسة جيومورفولوجية لهضبة سيدي بطاش، بحث لنيل دبلوم الدراسات العليا في الجغرافية، جامعة محمد الخامس كلية الآداب والعلوم الإنسانية، الرباط، 1987.

• مراجع باللغة الفرنسية:

- **Carrières unies de porphyre S.A. Perrine GARREAU**, Analyse du risque lié à la poussière en carrière : Prévention et Environnement, Tellin, 25 octobre 2019.
- **Cyril Bouchet et Dany Bouchet**, La société Bouchet et voirie et environnement : Exploitation de carrière, Extraction de granulats, 2015.
- **Les études de l'UNICEM – Impacts industriels**, Carrières, poussières et environnement, février 2011.
- **Maxime Descôteaux**, Diminuer les émissions de poussières d'un site d'extraction et de traitement de pierre calcaire, *Essai* présenté au Centre Universitaire de Formation en Environnement, Sherbrooke, Québec, Canada, 2012.
- **Piédoue J.**, Le dépoussiérage en carrières, Mines et Carrières, volume 78, juin 1996.
- **Projet EMCAIR (Emissions des carrières dans l'AIR), Rapport, Eude**, Evaluation de la qualité de l'air sur le site et à proximité d'une carrière, version 0 du 06/02/18.
- **Rapport, Cadastre des émissions de La R.G.C**, Etude prospective d'évolution des émissions, 2010.
- **SARL BOURJAC**, – ZI La FITO – 04100 MANOSQUE, Carrière du Grand Bois – MONTFORT (04), Etude d'impact, 2012.
- **Thomas Martaud**, Evaluation Environnementale de la production de granulats en exploitation de carrières -Indicateurs, Modèles et Outils, *thèse pour obtenir le grade de Docteur* de l'Université d'Orléans, I.S.T.O, spécialité : Science de l'Univers, octobre 2008.