

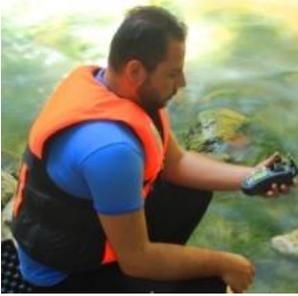
## Influence de lapénurie d'eau sur les types des agricultures dans la région du Kaza de Zahlé

Naji KEHDY

Assistant professeur à l'Université Libanaise

[Naji.kehdy@hotmail.com](mailto:Naji.kehdy@hotmail.com)

Hoch Hala – Rayak – Zahlé – Béqaa - Liban



### ملخص .

زادت ندرة المياه المخصصة للري بسبب فترات الجفاف المتزايدة الناتجة عن التغيرات المناخية، وبخاصة في أجزاء محددة من العالم مثل الشرق الأوسط. أجبر هذا الأمر المزارعين على استبدال الزراعة المروية، التي تحتاج إلى أكثر من ٧٠٪ من مجموع استخدامات المياه، بالزراعة البعلية. وهناك خطر أن يعاني لبنان من مثل هذه المشاكل لأنه يقع في منطقة مناخية مجاورة للمناطق القاحلة وشبه القاحلة ويتأثر بها. ويظهر الخطر بشكل كبير في قضاء زحلة، حيث تشكل زراعة البطاطا المروية حوالي ٨٠٪ من مجموع الزراعات، علمًا أن كمية المتساقطات لا تتجاوز عتبة ٦٠٠ مم/سنة. لذلك، بدأ من المثير للاهتمام دراسة حالة في هذه المنطقة يمكنها التعبير بشكل واضح عن تأثير شح المياه على أنواع الزراعات المزروعة فيها. سمح لنا تحليل بيانات الأرصاد الجوية، ومقارنة أنواع الزراعة بين عامي ٢٠٠٦ و ٢٠١٦ بتبيان علامات ندرة المياه في المنطقة وتمثيلها بيانيًا، بالإضافة إلى تحديد تأثيراتها على أنواع الزراعات: زيادة في درجات الحرارة والتبخر، وعدم استقرار في كمية الأمطار، انخفاض مستوى المياه الجوفية وتحويل مساحات كبيرة من البطاطا إلى الكرمة التي تحتاج الكميات أقل من مياه مقارنة بالبطاطا. قد تؤثر هذه النتائج على كمية المنتجات الزراعية المستهلكة في لبنان والمصدرة إلى الدول العربية، وبالتالي قد تساهم في أحداث عدم استقرار في القطاع الزراعي.

### Résumé.

*Dans le cadre du contexte mondial de changement climatique qui entraîne des périodes de sécheresse aigue, notamment dans certaines régions du monde comme celles du Moyen-Orient, l'eau d'irrigation se raréfie de plus en plus. Cela force les agriculteurs à remplacer les agricultures irriguées, qui sont déjà responsable de plus de 70% de toutes les extractions d'eau, par des agricultures non irriguées. Le Liban, pays sous l'influence des zones arides et semi-arides, risque de souffrir de ces problèmes surtout dans le Kaza de Zahlé centrale, où la pomme de terre fortement irriguée forme 80% des agricultures de la région et où la quantité annuelle des précipitations ne dépasse pas le seuil de 600 mm. Par conséquent, il a paru intéressant de se focaliser sur un cas d'étude représentatif du problème afin de mieux identifier les influences de la pénurie d'eau sur les types d'agricultures cultivées dans cette région. L'interprétation des données météorologiques et les comparaisons des types d'agricultures entre les années 2006 et 2016, nous a permis de présenter graphiquement les signes de la pénurie d'eau dans la région et d'identifier leurs influences sur les types de cultures: augmentation de la température, augmentation de l'évaporation, instabilité de la quantité précipitations, diminution du niveau piézométrique de la nappe d'eau souterraine alluviale et transformation de grandes surfaces de pomme de terre en*

*vigne; une agriculture demandant moins d'eau. Ces résultats montrent un facteur important qui pourrait être responsable du changement du type et de la quantité des produits agricoles consommés au Liban et exportés vers les pays arabes. Et par la suite, un facteur perturbant la stabilité du secteur agricole.*

**Mots-clés :**

Kaza de Zahlé – irrigation – agriculture – pomme de terre – pénurie d'eau

**1 -Introduction**

La pénurie d'eau est l'un des effets cruels du changement climatique qui constitue, en fait, une menace majeure concernant les ressources en eau d'irrigation. Le changement climatique pourrait provoquer des changements dans les cycles hydrologiques et dans les modèles de précipitations (Bazzaz et al., 2010) : Variations de la quantité de pluies temporelles et spatiales, augmentation de la température, augmentation de l'évapotranspiration potentielle et réelle, etc. Cela cause la diminution du débit des cours d'eau superficiels et du niveau piézométrique des nappes d'eau souterraines .

Cette situation pourrait diminuer la quantité d'eau disponible pour irriguer les terrains exploités. En effet, les agriculteurs ne pouvaient plus cultiver plus d'une seule fois par an, surtout en ce qui concerne certaines espèces qui peuvent être cultivées pour deux saisons par an, comme la pomme de terre. Cette situation pourrait, également, limiter la possibilité d'accroître la superficie des terrains irrigués. Ces problèmes s'accroissent dans les pays agricoles sous-développés, dans lesquels, les agriculteurs utilisent des systèmes d'irrigation primitifs (canaux, aspersion, etc.) provoquant un gaspillage cruel d'eau. En Chine, la pénurie d'eau avait des répercussions profondes sur les ressources en eau d'irrigation : Au cours des dernières décennies, l'augmentation de la température et la modification du régime des précipitations provoquaient des sécheresses de plus en plus fréquentes. Par exemple, dans le bassin versant de la rivière de Tarim, cette pénurie a mené à la dégradation de la végétation de surface (Sun et al., 2017). Ce problème a diminué la quantité d'eau disponible pour irriguer les surfaces cultivées, et par la suite, celle utilisée pour assurer la durabilité de la production agricole ; la surutilisation de l'eau d'irrigation dépassait plus de 28% du montant de la crise hydrique.

Le Liban est l'un des pays sous-développés situé à la proximité des pays arides arabes, et souffrant du problème de la pénurie d'eau. D'après Mr. Wael Hmaidan, Directeur exécutif de l'ONG IndyACT (indépendant activist), le Liban sera le premier pays du Moyen-Orient à être touché par le changement climatique qui a causé une diminution de la quantité d'eau : « La répartition des pluies a changé, la densité de la neige décroît et les feux de forêt se multiplient. »

Ce problème apparaît plus grave dans la région du Kaza de Zahlé ayant un climat semi-continental : la quantité de précipitations annuelles ne dépasse pas le seuil de 600 mm/an, les taux d'évaporation dépassent la limite de 2000 mm/an et le niveau piézométrique de l'eau de l'aquifère quaternaire, selon Dubertret (Dubertret, 2000) diminue progressivement depuis l'an 2010.

Par ailleurs, nous avons remarqué que, durant les 5 dernières années, les agriculteurs ont substitué la pomme de terre (végétation saisonnière demandant des grandes quantités d'eau d'irrigation), par la vigne de table (végétation permanente demandant moins d'eau d'irrigation).

D'après ce contexte, plusieurs questions pourraient être posées : Quelle est la superficie des parcelles de pomme de terre qui a été remplacée par la vigne de table? Quelle est la cause de ce remplacement? est-ce la pénurie d'eau résultant du changement climatique ?

En outre, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'évolution de la surface de la vigne de table au détriment de celle de la pomme de terre, et de chercher les causes qui ont poussé les agriculteurs à remplacer des espèces cultivées par d'autres espèces dans la région du Kaza de Zahlé.

## 2-Présentation de la région d'étude

Notre région d'étude, le Kaza de Zahlé, se situe dans la plaine de la Béqaa. Elle couvre une superficie de 522 km<sup>2</sup> environ, et elle est composée de deux unités morphologiques : la plaine alluviale fortement cultivée qui s'étend sur 395 km<sup>2</sup>, soit 56% et une zone montagneuse formée de deux massifs karstiques qui s'étend sur 227 km<sup>2</sup>, soit 44% de la superficie totale (le premier massif fait partie de la chaîne montagneuse du Mont-Liban ; il occupe 135 km<sup>2</sup> de la masse karstique, le deuxième partie de la chaîne montagneuse de l'Anti-Liban ; il occupe 92 km<sup>2</sup> de cette unité (Figure 1).

Délimitée par le Kaza de Baalbek au nord-est, par le Kaza de Joub Jannine et de Rachaya Nord au sud-ouest, par la Syrie à « l'est » et par Mohafazat Mont-Liban à l'ouest, notre région d'étude pourrait être un cas typique pour l'étude de l'influence de la pénurie d'eau sur les types des végétations cultivées. Et cela est dû à la présence de plusieurs facteurs caractérisant cette région.

Le premier est d'ordre agricole : notre région d'étude est fortement cultivée par des espèces demandant de grandes quantités d'eau : la pomme de terre. Cette exploitation occupe 25% de la superficie totale des produits végétaux saisonniers qui occupent 76% de la superficie totale cultivée (213 km<sup>2</sup>).

Le deuxième est d'ordre pédologique : La plaine alluviale est recouverte par une couche de terre arable riche en fer, propice à la croissance de la pomme de terre et de la vigne de table.

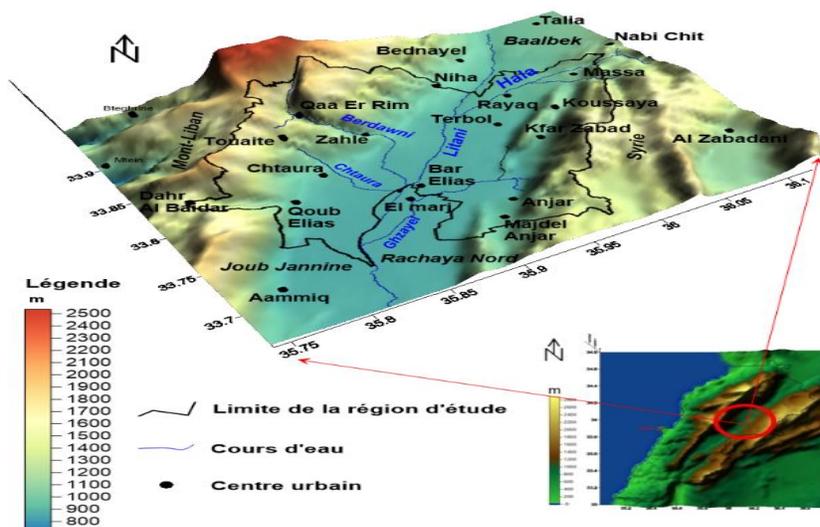


Figure 1 : Région d'étude

Le troisième est d'ordre climatique : La région du Kaza de Zahlé se situe dans une région climatique semi-continentale. Elle délimite, également, les zones arides et semi-arides internes. Cela diminue la recharge des cours d'eau superficiels et des nappes d'eau souterraines, ainsi la pénurie en eau augmente-t-elle. En effet, les agricultures irriguées pourraient souffrir d'un stress hydrique aigu. Cela pourrait, par la suite, inciter les agriculteurs à remplacer leurs cultures .

Le dernier facteur désigne les ressources en eau superficielles et souterraines : les premières sont représentées par le fleuve Litani (le cours d'eau majeur pérenne du Liban) qui traverse notre région d'étude, ainsi que par ses affluents tels que le ruisseau de Berdawni, de Hala, de Chtaura et de Ghzayel. En outre, les ressources en eau souterraines sont représentées par les aquifères contenant des sources émergentes; les plus importantes sont celles du cénomano-turonien et du jurassique. De même, l'eau souterraine est représentée par la présence de centaines de puits forés dans l'aquifère alluvial et utilisés pour irriguer les terrains agricoles. L'intérêt de ce facteur, c'est que ces ressources en eau, utilisées pour irriguer les terrains agricoles, pourraient souffrir d'une diminution progressive du débit vu les conditions climatiques présentes.

### **3 -Méthodologie**

Pour atteindre notre but, nous avons adopté des outils de représentation graphique : les photos satellites de la région d'étude et la cartographie dynamique. Nous avons également opté pour une enquête et nous avons utilisé une fonction mathématique: la formule exponentielle simple.

Les photos satellites ont été utilisées en vue de détecter les changements du type d'exploitation dans les parcelles cultivées. Ces photos ont constitué les couches de base sur lesquelles nous avons réalisé la carte dynamique. Puisque le gouvernement ne nous a pas permis d'accéder aux photos satellites de la région d'étude pour des raisons militaires, nous avons utilisé celles de Google Earth disponibles en bonne résolution pour les années 2006 et 2016 (la qualité des photos antérieures à cette date n'était pas assez bonne pour distinguer les variations effectuées). Les changements remarqués, d'après la comparaison entre ces deux années, ont été vérifiés grâce aux questionnaires auprès des agriculteurs qui ont procédé à ces changements.

L'enquête réalisée à travers un questionnaire avait pour objectif de recueillir des données fiables sur le transfert des surfaces cultivées par la pomme de terre vers la vigne de table : la superficie des parcelles cultivées, l'origine et la quantité de l'eau utilisée pour irriguer les parcelles, et finalement, les méthodes utilisées en irrigation. Nous avons considéré que les parcelles soumises à la transformation sont la base de notre échantillonnage et non pas l'agriculteur, parce celui-ci peut résider dans notre région d'étude et disposer des parcelles en dehors de la zone d'étude et *vice versa*. Le questionnaire est formé de 3 parties: la première concerne des informations générales sur le type d'exploitation et la superficie totale des terrains cultivés. Ces deux indicateurs servent à déterminer les quantités d'eau utilisées pour l'irrigation et celles qui sont consommées par la végétation. La deuxième concerne des informations générales sur le type d'irrigation utilisé (Déplacement manuel, système fixe, rampe mobile sur roue, etc.). La troisième partie comprend des questions ouvertes qui portent sur les raisons qui ont forcé les agriculteurs à changer le type des espèces végétales cultivées.

Par ailleurs, nous avons eu recours à la cartographie dynamique pour réaliser une carte dynamique des utilisations du sol. Et cela dans le but de représenter les changements des surfaces des parcelles cultivées, dans notre région d'étude entre les deux années 2006 et 2016. La cartographie dynamique

est un concept qui représente graphiquement les mutations rapides des diverses activités anthropiques, sous l'effet de plusieurs phénomènes physiques, économiques et sociaux, dont l'homme constitue le facteur principal (Steinberg et Al, 1988). Ce type de représentation graphique se base essentiellement sur l'intégration de plusieurs cartes représentant l'évolution temporelle d'un ou de plusieurs phénomènes dans une seule carte. Cela facilite la comparaison de l'état de l'évolution de ces phénomènes.

En outre, la formule exponentielle nous a servi à illustrer l'état de l'évolution des superficies cultivées par ces deux types de végétation dans les années à venir. Cette formule (Mavron et al., 2007) peut être modélisée comme suit :

$$N(t) = N(0) \cdot e^{rt}$$

Tel que:

- $N(t)$  est le nombre d'individus au temps  $t$ ,
- $N(0)$  est le nombre d'individus au temps  $0$ ,
- $e$  étant la constante d'Euler
- $r$  le taux de croissance intrinsèque,
- $t$  le temps

Un tel calcul est intéressant dans le but de connaître la vitesse de l'évolution de transfert de ces surfaces: Une évolution rapide du transfert vers la vigne de table pourrait perturber le bilan de la consommation et de l'exportation de ce produit agricole, et ceci, en raison de l'augmentation de la quantité obtenue. Une telle augmentation pourrait également préserver la quantité d'eau de la réserve hydrique du sol parce que la vigne de table exige moins d'eau d'irrigation que la pomme de terre (cf. résultats).

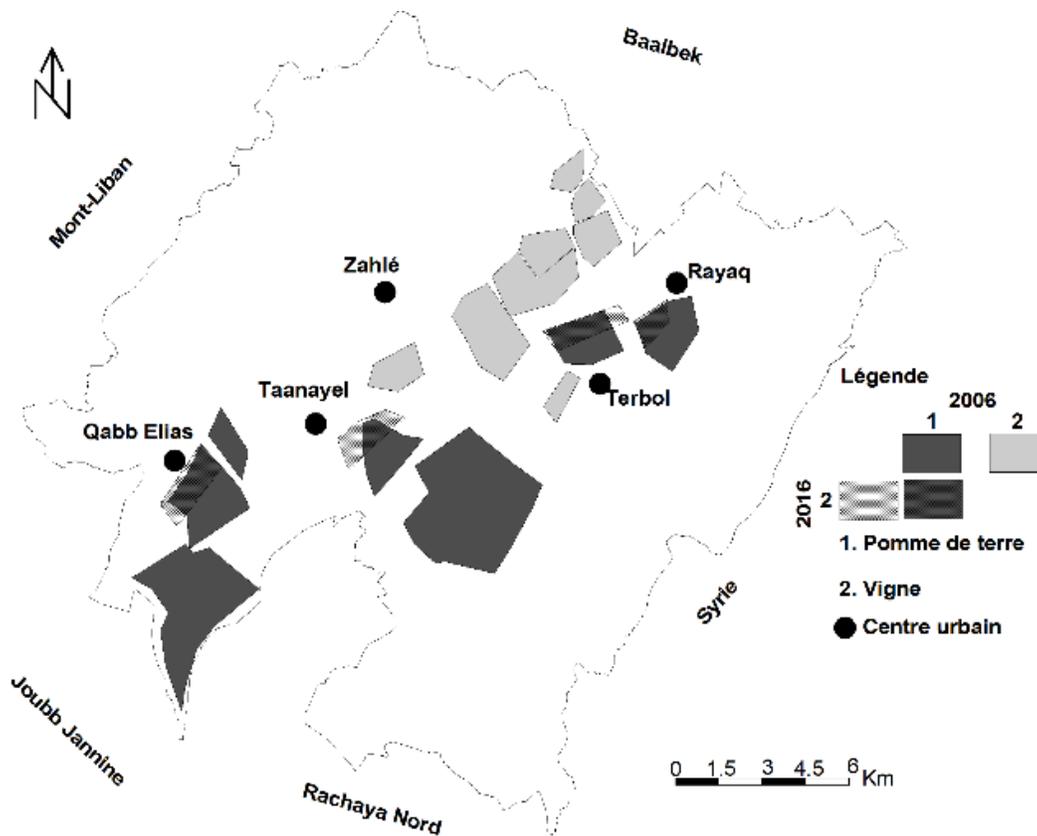
#### **4 -Résultats**

Notre région d'étude connaît une transformation considérable de la pomme de terre vers la vigne de table, vu la présence des indicateurs importants de la pénurie d'eau.

##### **a- Surfaces transformées**

L'analyse de la carte dynamique, a montré que 18% de la surface cultivée en pomme de terre a été remplacée par la vigne de table. Ces surfaces se localisent dans les régions de Terbole, de Rayaq, de Taanayel et de Qabb Elias situées dans la partie alluviale de notre région d'étude (figure 2).

Les zones de couleur gris foncé qui apparaissent dans la carte dynamique représentent l'exploitation de la pomme de terre en 2006, tandis que celles de couleur gris clair représentent l'exploitation de la vigne de table durant la même année. En outre, celles hachurées représentent les surfaces transformées.



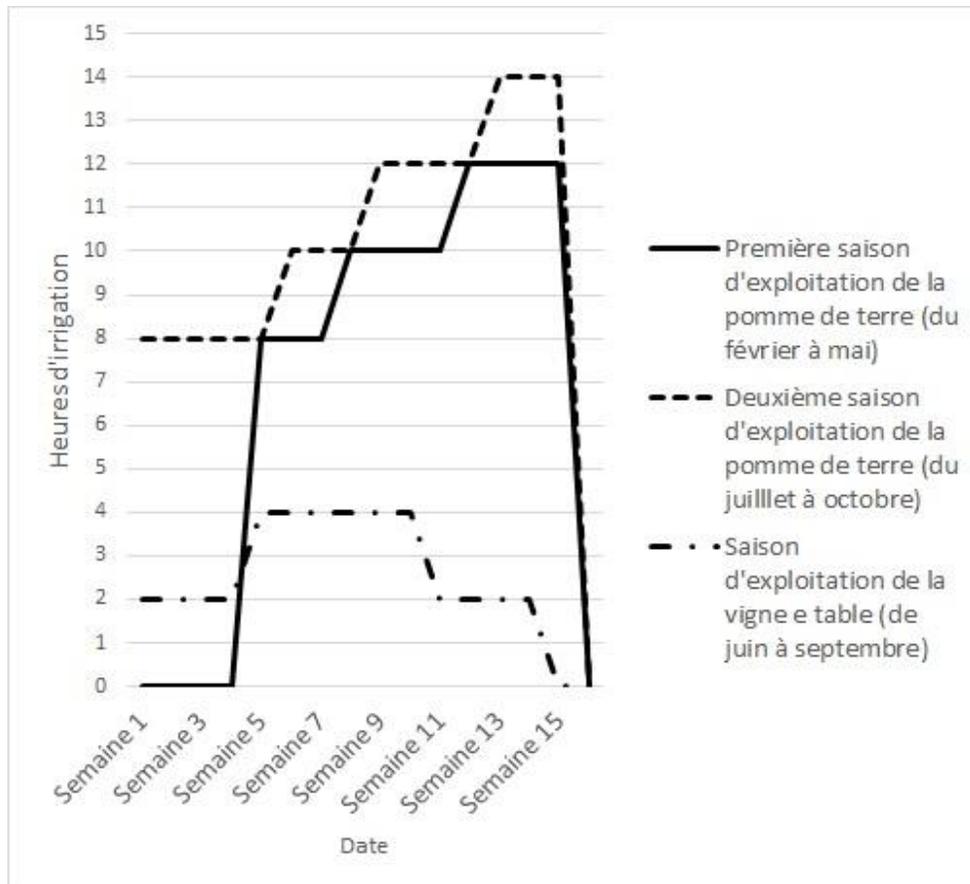
**Figure 2 : Cadre dynamique de l'évolution des surfaces cultivées en pomme de terre et en vigne de table.**

Durant l'an 2006, la superficie cultivée en pomme de terre était égale à 40653610 m<sup>2</sup>, alors que celle cultivée en vigne de table était égale à 17037174 m<sup>2</sup>. Durant l'an 2016, la culture de la vigne de table a gagné 10543010 m<sup>2</sup> au détriment de la pomme de terre. Apparaît-il que la pénurie d'eau est la cause principale de ce transfert?

### **b- Causes de la transformation**

Parmi les agriculteurs enquêtés, 91% ont attribué la cause de la transformation à la pénurie d'eau (indirectement au changement climatique). Les 9% restants ont considéré que la vigne de table est plus rentable que la pomme de terre et ceci, les a encouragés à effectuer ce transfert.

Ce qui a été étonnant, c'est que les agriculteurs ont ressenti les effets de cette pénurie sans savoir préalablement le concept. Un exploitateur de la pomme de terre disait: « durant les dernières années nous sommes devenus obligés de diminuer les heures d'irrigation, ce qui a endommagé la qualité de la production agricole et nous a obligé à cultiver la vigne de table à la place de la pomme de terre ». Un autre affirmait qu'il a changé le type d'exploitation de ses parcelles de la pomme de terre à la vigne de table, vu la température qui augmente progressivement d'une année à l'autre, ce qui a tari son puits utilisé pour irriguer ses récoltes, selon les dires de l'agriculteur.



**Figure 3 : Nombre d’heures d’irrigation de la pomme de terre et de la vigne de table.**

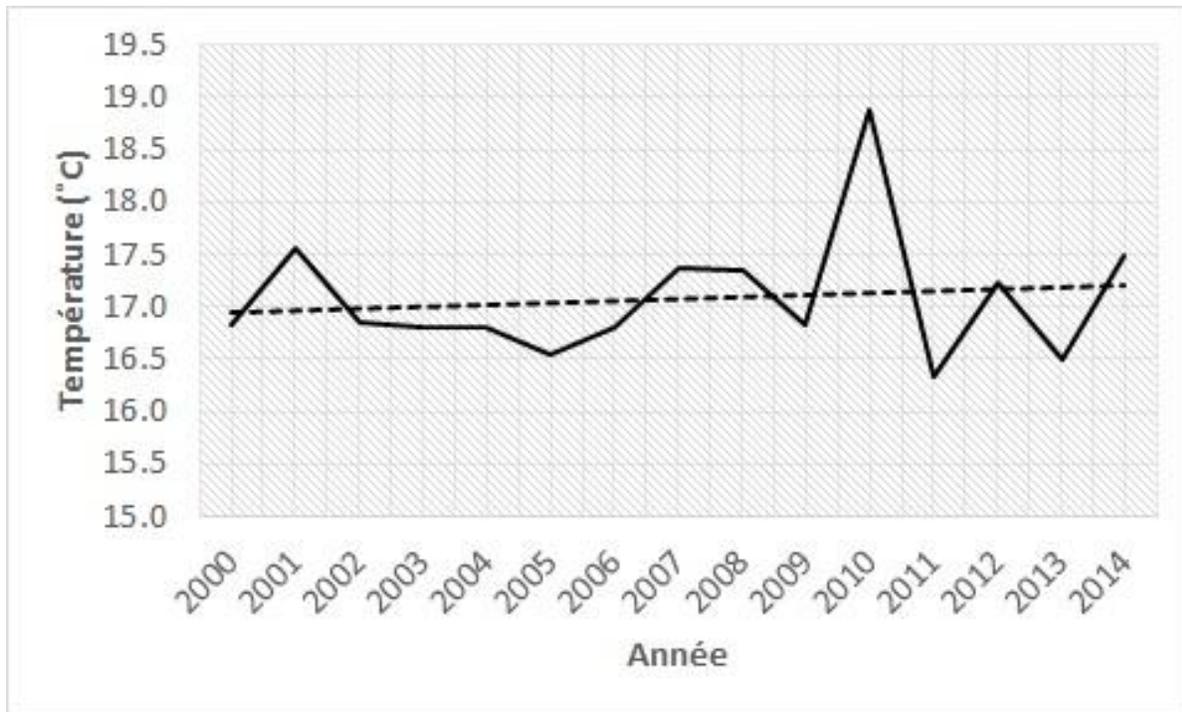
En fait, la pomme de terre a besoin plus d’eau d’irrigation que la vigne de table. Cela est dû à deux raisons principales : la première est que, dans notre région d’étude, la pomme de terre est cultivée pour deux saisons par an, et ceci exige de longues heures d’irrigation durant les stades de croissance durant chaque saison. Tandis que la vigne de table, récoltée une fois par an, demande moins d’eau (Figure 3). Une analyse fine de la figure 3, montre que la première saison de l’exploitation de la pomme de terre demande moins d’heures d’irrigation que la deuxième durant les 11 semaines de croissance (de la semaine 4 jusqu’à la semaine 15): la réserve hydrique étant en stade de reconstruction et correspondant à l’hiver hydrologique s’étendant de février jusqu’à mai. Par conséquent, les végétations s’alimentent en eau de cette réserve. Au fur et à mesure qu’on s’avance dans les stades de croissance de la première saison, le nombre d’heure d’irrigation augmente progressivement pour toucher les 12 heures par jour au bout de la quinzième semaine durant laquelle la réserve hydrique commence à baisser tout en s’approchant de l’été hydrologique. Cependant la deuxième saison de l’exploitation de la pomme de terre a lieu durant l’été hydrologique où la réserve hydrique baisse fortement. En effet, le nombre d’heures d’irrigation est plus grand, il atteint 14 heures par jour au bout de la quinzième semaine. Et cela pourrait exercer une forte pression sur les ressources en eau superficielles et souterraines utilisées pour irriguer les parcelles de pomme de terre. Depuis l’an 2010 jusqu’à l’an 2016, le niveau piézométrique des puits forés dans la partie alluviale de notre région d’étude diminue progressivement de 0.3 m par an. La vigne, dont la saison d’exploitation s’étend de juin jusqu’à

septembre, n'est irriguée que durant les 9 semaines de croissance et pour un nombre d'heures qui ne dépasse pas 4 heures par jour.

En outre, la deuxième raison qui permet aux parcelles cultivées par la pomme de terre de consommer plus d'eau que la vigne, est que les systèmes d'irrigation utilisés sont primitifs (canaux et aspersion), facilitant par la suite la perte de l'eau par évaporation. Tandis que les nouveaux systèmes utilisés pour irriguer les terrains cultivés par la vigne de table (les systèmes de goutte à goutte) retiennent l'eau et diminuent les pertes par évaporation.

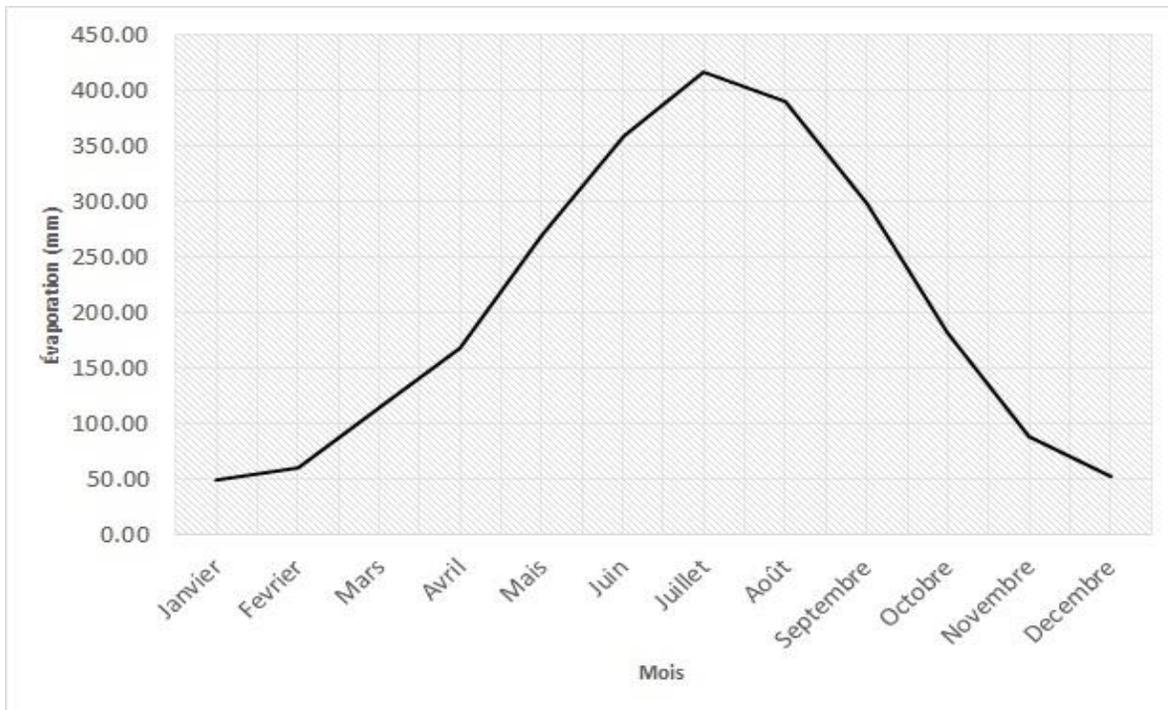
Par ailleurs, l'analyse des données météorologiques de la région (TuTiempo Network, 2017) a montré une tendance significative vers une sécheresse aiguë : augmentation de la température, augmentation de l'évaporation et instabilité de la quantité de précipitation d'une année à l'autre.

À propos de la température, la figure 4 montre que depuis l'année 2000, les moyennes annuelles de températures tendent vers une augmentation significative (Figure 4).



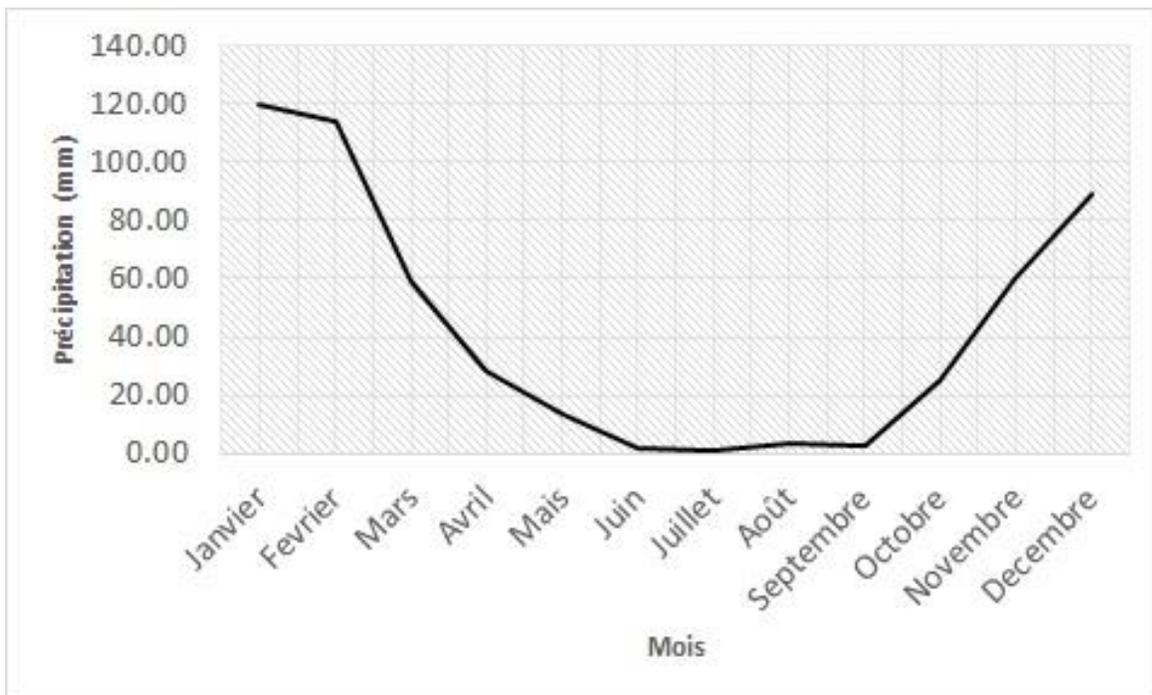
**Figure 4 : Moyennes annuelles de température entre 2000 et 2014**

Une grande augmentation apparaît en 2010 où la moyenne annuelle de la température touchait 19°C, à savoir une augmentation de 2°C par rapport à l'année précédente. L'augmentation de la température entraîne une augmentation des taux d'évaporation (Figure 5). La figure 5 illustre bien les taux élevés de l'évaporation brute (415 mm) durant le mois de juillet. Ce pic d'évaporation est atteint durant l'été hydrologique. Cela diminue la quantité de l'eau qui peut recharger l'aquifère et provoque des remontées capillaires (Bigot et Al., 2003), ce qui aboutit à une diminution du niveau piézométrique de l'eau (0.3 m/an). En effet, les agriculteurs, et vu la pénurie d'eau résultante, seront obligés de remplacer leurs exploitations par autres requérant moins d'eau.



**Figure 5 : Moyennes mensuelles des taux d'évaporation brute depuis 2000 jusqu'à 2008.**

Par ailleurs, les précipitations influencent directement la recharge de la nappe d'eau souterraine et le débit des drains d'eau superficiels. Si la quantité des précipitations diminue, la recharge sera d'autant plus difficile, notamment quand les taux d'évaporation sont élevés.



**Figure 6 : Moyennes mensuelles de précipitations entre les années 2000 et 2014.**

La figure 6 montre que, durant l'été hydrologique qui s'étend de mai jusqu'à octobre, les quantités de précipitations sont insignifiantes. Par conséquent, l'agriculteur est obligé de cultiver des végétations qui ne demandent pas de grandes quantités d'eau.

Le calcul de l'évolution des surfaces cultivées durant les années à venir, a montré que si les conditions de transfert restent telles qu'elles sont de nos jours, la vigne de table remplacera la superficie entière de la pomme de terre en 2060.

L'exploitation de la vigne de table, consommant moins d'eau que la pomme de terre, pourrait aider la réserve hydrique du sol à se recharger plus rapidement durant l'hiver hydrologique. Cette exploitation pourrait aider également la réserve à faire face à la sécheresse ayant lieu durant le long été hydrologique. Une conséquence positive du changement climatique sur l'exploitation des terrains agricoles !

## **5- Conclusion et discussion**

La région du Kaza de Zahlé connaît une transformation évidente des cultures saisonnières, à savoir la culture des pommes de terre, vers les cultures permanentes, en particulier celle de la vigne de table entre les années 2006 et 2016: la surface des parcelles cultivées en vigne de table a augmenté de 18% au détriment de celle des pommes de terre.

Cette transformation est effectuée par les agriculteurs de notre région d'étude qui avaient la capacité de détecter et de s'adapter aux résultats de la pénurie d'eau, bien que plusieurs d'entre eux ne sont pas suffisamment éduqués.

Si l'agriculteur change la méthode d'irrigation de la pomme de terre (utilisation du système d'irrigation par goutte à goutte à la place du système d'aspersion), il pourra diminuer le gaspillage de l'eau par évaporation et surtout durant la saison sèche. Par la suite, il peut assurer les quantités nécessaires de l'eau pour irriguer ses parcelles cultivées en pomme de terre. En effet, il peut arrêter le processus de transfert vers la vigne de table.

La vigne de table est capable de défier la sécheresse plus que la pomme de terre: la pomme de terre flétrissent meurent en quelques jours par manque d'eau, tandis que la vigne de table passe par la phase de diminution de la productivité, ensuite elle flétrisse après avoir passé une longue durée entre ces deux phases.

Dans notre étude, malgré les contraintes financières et celles concernant l'accès aux données, nous avons pu réaliser une carte dynamique représentant l'évolution des surfaces cultivées en pomme de terre et en vigne de table pendant 10 ans en utilisant les photos satellites de Google Earth.

Par ailleurs, nous avons pu exposer, et pour la première fois, l'évolution future de certains types des espèces végétales cultivées : la vigne de table et la pomme de terre. Ces surfaces vont connaître une augmentation progressive dans les années à venir : En 2060, la superficie de la vigne de table atteindra 4000000 m<sup>2</sup> environ si l'état hydrique est pareil à celui d'aujourd'hui.

Cette étude ne porte que sur la transformation de la culture de pommes de terre en culture de vigne. Elle ne comprend pas l'évolution probable des autres types des espèces végétales cultivées dans notre région d'étude (concombre, blé, etc.). Cela pourrait faire l'objet d'une autre étude.

Vu cette situation, des questions intéressantes pourraient être posées : Est-ce que ces types de transfert a lieu dans tous les régions de Liban ? Quelle est l'influence de tels phénomènes sur la situation économique au Liban ?

À l'époque des Phéniciens, la vallée de Béqaa, était principalement cultivée par la vigne de table. Durant l'époque des Romains, cette vallée était cultivée, particulièrement, par le blé. Actuellement, nous voyons clairement le début d'une nouvelle transformation vers la vigne de table. Est-ce que ce cycle est permanent ? quelles étaient les causes de ces transformations durant les époques passées ? était-ce aussi des périodes de pénurie d'eau?

## **6- Références bibliographiques**

1. Bazzaz F., Sombroek W. (2010). Changement du climat et production agricole, Effets directs et indirects du changement des processus hydrologiques, pédologiques et physiologiques des végétaux. Publié par l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et Polytechnica, Paris, 472 pages.
2. Bigot S., Dacharry M., Gille E., Laganier R., Salvador P.G., sous la direction de Cosanday C. (2003). Les eaux courantes. Edition Belin, Paris. 240 pages
3. Dubertret L. (2000). Carte géologique au 50.000e, feuille de Zahlé. Beyrouth
4. Mavron V.c. et Phillips T.N. (2007). Elements of mathematics for economics and finance. Sptinger – Verlag London. 311 pages.
5. Steinberg J., Husser J. (1988). Cartographie dynamique applicable à l'aménagement. C.U.D. et SEDES réunis, 88, boulevard Saiant-Germain, Paris Ve, 132 pages.
6. Sun Z., Herzfeld T., Aarnoudse E., Yu C., Disse M. (2017). Water and agriculture in china status, challenges and options for action. OAV – German Asia-Pacific Business Association, Bleichenbrüche 9, 20354 Hamburg, Germany. 24 pages.
7. TuTiempo (2017). Climat Houche-Al-Oumara. TuTiempo.net. Page consultée le 3/8/2017.