

RESUME

La thèse de doctorat intitulée “Stratégie de reconversion des galeries minières désaffectées à partir des accumulateurs d’énergie géothermique et des panneaux solaires vient du constat de l’absence de stratégie énergétique commune en Roumanie. En effet, les méthodes de réchauffement des ménages diffèrent d’une habitation à une autre, d’une région à une autre, chacun en fonction de ses moyens. Le chauffage est assuré soit par des chaudières à gaz, soit par des systèmes centralisés et cela a des coûts très élevés. Pourtant, la Roumanie dispose des ressources solaires et géothermiques très faiblement exploitées.

En 2005, la géothermie, le solaire et l’éolienne représentaient 1.6% de la production d’énergies renouvelables selon l’Agence Roumaine de Conservation de l’Energie. Le rapport de Renewable Energies Transfer System dans la stratégie de valorisation des Sources d’Energies Renouvelables approuvée par le GD n° 1535/2003 présente à 63.2% le potentiel des énergies renouvelables du potentiel énergétique du pays. D’où l’idée de valoriser la capacité géothermique des galeries minières fermées, afin de les reconvertir en centrales géothermiques, et produire le chauffage, la climatisation à moindre coût pour l’amélioration des conditions de vie des populations.

En effet, les galeries souterraines sont inondées d’eau, laquelle absorbe la chaleur provenant du roc. Ce qui constitue un réservoir géothermique bien que la température de l’eau soit basse. D’où la prise en compte de l’écoulement souterrain dans nos travaux contrairement à ceux de l’équipe de recherche de Maria Suryatriyastuti de l’Université de Lorraine en 2016 ce limitant sur l’estimation analytique et numérique de la chaleur extraite d’une galerie de mine noyée.

Ils ont procédé à la comparaison entre les résultats analytiques et ceux obtenu suite au modèle de mécanique de fluide numérique afin d’estimer la puissance d’extraction et de caractériser la réponse globale d’une mine. Ce qui vient entrer en complémentarité avec les travaux de recherche de Rodriguez et Diaz de 2009 basés sur l’analogie unidimensionnelle de la résistance thermique en régime stationnaire dans le but d’interpréter la réponse globale de l’aquifère minier.

Nous avons au cours de nos travaux avec le laboratoire du complexe énergétique de Hunedoara à Pétrosani procédé avant tout à l’évaluation en période hivernale des paramètres issus de l’écoulement souterrain des eaux de la mine d’Aninoasa. Notamment les profils de température, des potentiels d’hydrogène, de concentration etc.

Notre recherche a eu pour objectif de valoriser le potentiel géothermique des anciennes mines et de proposer une stratégie pour leurs reconversions afin de limiter les effets polluants de ce secteur d’activité, puis de contribuer au recul du réchauffement climatique tel que prescrit lors de la cop21 à Paris.

Le travail a été élaboré en sept chapitres.

Nous avons présenté les insuffisances environnementales au cours de la phase d’exploitation de la mine d’Aninoasa et cela avec des répercussions sur la qualité de l’air, du sol et des ressources en eau toujours non déterminées de manière exact et approfondie.

De même, nous avons pu constater que la stratégie de fermeture de la mine n'aurait pas été pensée et bien planifiée à l'initial avant le démarrage de l'exploitation.

Car, malgré le remblayage des vides résiduels, des éventuels risques existent.

Nous avons donc préconisé comme stratégie de fermeture :

- Une synthèse du contexte géologique du gisement de charbon à Aninoasa
- Une synthèse des travaux miniers à Aninoasa
- Une étude hydrologique de l'environnement de l'exploitation
- Un programme de démantèlement des installations
- Une méthode de surveillance et de prévention des risques résiduels.

Selon des données d'une étude à la commune d'Aninoasa, il existe un important volume de gaz de mine présenté comme étant une opportunité pour une reconversion partielle de la mine. Pour cela, nous avons suggéré au chapitre un de nos travaux, le captage de ces gaz afin de valoriser leurs potentiels énergétiques ou de prendre des dispositions permettant de minimiser le volume potentiel de leurs réservoirs.

Parallèlement, l'analyse physico-chimique des eaux de la galerie effectuée avec l'aide du complexe énergétique de Hunedoara et présenté au chapitre trois de nos travaux a pu démontrer que, de la température moyenne de 13.88°C, on peut assurer la mise sur pied d'un dispositif solaire – géothermique pour le chauffage des habitations riveraines de la localité d'Aninoasa, et faire ainsi de l'ancienne mine une mini centrale solaire – géothermique.

Pour ce faire, nous avons initié la conception d'une stratégie de reconversion dont le résumé de la méthodologie est fait de la procédure suivante :

- i. Etudes de faisabilités sur la valorisation du potentiel thermique des eaux de la mine d'Aninoasa

Il s'est agi de :

- La bonne connaissance de la documentation dédiée à l'activité d'exploitation.
- La maîtrise des conditions de fermetures de la mine
- La maîtrise des conditions environnementales actuelles

L'analyse physico-chimique des eaux de la mine d'Aninoasa et de la rivière Jiul au cours des mois de septembre à février. Notamment, l'étude des variations des paramètres des eaux de la galerie présentée au chapitre trois comme la température, la conductivité, le PH, l'écoulement etc.

De cette étude nous avons obtenu une température moyenne des eaux de la mine de 13.88°C et une température maximale moyenne de 16.18°C avec un PH moyen de 7.6 et une conductivité de 2619mS. Pour les eaux de la rivière Jiul nous avons obtenu une température moyenne de 12.64°C, une température maximale moyenne de 15.23°C, un PH de 7.82 et une conductivité de 1511mS.

- ii. La modélisation du domaine d'application du potentiel géothermique des eaux de la mine

Nous avons modélisé :

- Les besoins et exigences d'une habitation de 130m² à Aninoasa pouvant être chauffée avec un dispositif solaire – géothermique capable d'exploiter la température moyenne 13.88°C des eaux de la galerie.
- L'analyse fonctionnelle d'une unité d'entrée d'un séchoir de pate humide pouvant utiliser le dispositif solaire – géothermique d'Aninoasa comme source d'énergie afin de redynamiser l'industrie agricole dans la localité.

Pour ces deux exemples, nous avons fait un bilan thermique global et évalué la puissance à installer du dispositif solaire – géothermie à 8.71KW.

Nous avons pour cela dimensionner tour à tour les pertes d'énergie par conduction thermique, les pertes vers le sol, les pertes aéraulique, etc.

Ceci via la méthode dite accélérée, nous avons effectué le calcul et la détermination des paramètres tel que :

- Les résistances thermiques propres des différentes parois de l'habitation
- Les résistances faces internes et externes
- Les coefficients de transmissions équivalent
- Les pertes de chaleur en parties courantes
- Les pertes de chaleur par conduction vers l'extérieure
- Les pertes par conduction vers le sol
- Les pertes aérauliques
- La surpuissance à prévoir

Au cours de nos travaux, après l'évaluations de toutes ces pertes d'énergies sus évoqués, nous avons conditionné le succès de l'exploitation du potentiel géothermique des eaux de la mine d'Aninoasa par la capacité à maitriser les techniques de stockages d'énergies.

Pour cela, des modèles existant, nous avons présenté les systèmes de stockages thermochimiques, de chaleur latente, de chaleur sensible puis porté notre choix sur la technologie de stockage thermique sensible d'eau chaude pressurisée.

En effet, ce système préférentiel présente de nombreux avantages dont :

- La simplicité de conception
- La simplicité de la maintenance et sa faible périodicité
- La forte densité de stockage
- Le niveau de maturation de la technologie
- Le coût très faible et accessible

Il s'agit comme déjà évoquer d'une solution de stockage thermique où l'eau chaude du réseau de chaleur est stockée dans un réservoir pressurisée et à des températures pouvant dépasser les

100°C. Ce qui est un atout majeur permettant de ne pas utiliser forcément les équipements auxiliaires tel que les pompes.

Toutes fois, certaines limites peuvent faire l'objet d'une recherche complémentaire pour nos travaux en guise de perspective. Et cela constitue le troisième onglet de notre stratégie.

iii. Analyse de la technique de rentabilité

Ce volet qui intègre tous les aspects économiques sur la viabilité de la stratégie de reconversion n'a pas été abordé en profondeur dans nos travaux.

En effet, cela peut constituer tout un autre thème de recherche comme perspective.

Toutes fois, au regard de l'engouement des pays de l'Europe à promouvoir les énergies renouvelables, il va s'en dire que reconvertir les mines abandonnées en des projets sociaux peut être l'une des révolutions de ce siècle et cela n'a pas de prix.

❖ Valeur à l'international

Ce travail peut s'inscrire dans la contribution à la promotion de l'exploitation des énergies renouvelables et à la lutte pour le recul du réchauffement climatique.

- Pour l'Afrique en général, l'activité minière n'est qu'à ces débuts. En dehors des pays comme l'Afrique du Sud et le Congo où l'exploitation minière est suffisamment avancée et de manière anarchique.

Le continent africain a toute sa chance d'associer au développement du secteur minier les contraintes environnementales exigées et la nouvelle technologie aux sources propres régénérables.

L'activité minière est essentiellement destructrice sur le plan environnemental.

La stratégie de reconversion doit se penser en amont de l'autorisation d'exploitation afin d'éviter la disparition de la faune et la flore de la localité.

Nos travaux démontrent que l'utilisation des bonnes pratiques et techniques au cours de l'activité minière ainsi que le respect des conditions environnementales peuvent faciliter la création de plusieurs activités connexes pour l'émergence des localités concernées. Nous avons présenté le cas d'un séchoir solaire-géothermique et du chauffage d'un bâtiment, mais nous pouvons aussi parler de l'irrigation, de la production d'électricité par cogénération déjà présenté dans nos articles publiés.

Nous connaissons la problématique de la fourniture constante de l'énergie électrique en Afrique et au Cameroun en particulier.

Nous connaissons les problématiques de l'irrigation, du séchage et de la conservation des produits post-récoles en Afrique en général et au Cameroun en particulier. L'exploitation minière associée à l'utilisation des énergies propres renouvelables dans les règles de l'art doit être la solution du présent et du futur pour le développement du continent africain et non la solution du présent pour les problèmes futurs dont le réchauffement climatique.

- Pour le reste du monde et l'Europe en particulier, nos travaux viennent donner un coup de pouce à la communauté scientifique qui depuis plusieurs années est engagée dans la

recherche des solutions pour l'abandon définitif de l'exploitation minière et du charbon en particulier et surtout à la promotion de l'utilisation des énergies propres renouvelables.

En effet, le vieux continent paye aujourd'hui le prix de l'exploitation irrationnel des ressources minières et surtout de la non prise en compte en amont d'une possibilité de reconversion sérieuse des galeries après fermeture ou arrêt d'activités.

La stratégie de reconversion proposée donne la possibilité à l'Europe d'avoir une dernière chance d'amortir les effets désastreux de la mauvaise exploitation minière. Coupler la géothermie des galeries au solaire est la particularité de cette recherche et cela peut créer une autonomie à moindre coût tant sur le plan énergétique qu'électrique.

Au terme de nos travaux de recherche, nous pouvons dire que l'activité minière peut renaître autrement et de manière propre avec une bonne stratégie de reconversion des anciennes galeries.

Toutes fois, notre étude a pour limite l'aspect économique qui peut être un frein pour les décideurs politiques.

Pour une recherche complète, il est nécessaire :

- De faire des études des impacts environnementaux de la reconversion de la mine d'Aninoasa.

En effet, il est toujours bon de savoir au préalable quelles peuvent être les impacts négatifs de tout projet sur l'environnement. Notamment sur la faune, la flore, l'air et les réserves d'eau.

- Des études minéralogiques de l'eau dans la mine.

Au-delà des analyses physico-chimiques des eaux de la mine d'Aninoasa que nous avons réalisé, il est bon de faire aussi des études minéralogiques afin de s'assurer de la constitution minérale et surtout de la potabilité éventuelle des eaux.

- De faire une étude financière sur la préfaisabilité et faisabilité économique des stratégies de reconversion de la mine d'Aninoasa.

Le centre d'intérêt d'un projet est presque toujours focalisé sur le coût d'exécution et surtout la rentabilité. Toutes fois, au regard du caractère destructeur de l'activité minière, ne va-t-il pas la peine pour la moralité et surtout la pérennité humaine de s'investir dans le rétablissement des conditions naturelles de notre environnement ?

Au terme de notre recherche sur la stratégie de reconversion des galeries minières désaffectées à partir des accumulateurs d'énergie géothermique et des panneaux solaires, nous gardons espoir de ce que l'engagement des décideurs mondiaux à migrer vers les énergies propres tel qu'approuvé dans les dernières conférences sur le climat pourra d'avantage motiver l'implémentation de telles axes de recherches.