



Gouvernance environnementale à travers la gestion des externalités négatives liées à l'exploitation du gaz de schiste: lecture dans l'expérience des USA

Environmental governance through the management of negative externalities related to shale gas exploitation: reading in the experience of the USA

Lamia Ati ¹, Kamilia Boukra ^{2*}

¹ université d'Oum el Bouaghi, (Algérie), atilamia650@yahoo.fr

² université d'Oum el Bouaghi, (Algérie), kamiliaboukra@yahoo.fr

Date de réception:13/09/2021 Date d'acceptation:04/12/2021 date de publication:31/12/2021

Résumé: L'exploitation du gaz de schiste a entraîné des externalités négatives en guise d'impacts environnementaux touchant particulièrement l'air et le sol.

Cette étude nous a démontré que la gouvernance environnementale des externalités négatives liées à l'exploitation du schiste consiste principalement à instaurer des politiques de réglementations pour les opérations pétrolières et gazières non conventionnelles car la particularité des techniques d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste l'exige Aux états unis, la surveillance et le respect de directives strictes sont une des réponses à ces risques, dans le cadre des récentes révisions réglementaires.

Mots clés: gouvernance environnementale, externalités négatives, gaz de schiste, réglementation. USA.

Jel Classification Codes: Q51,Q53, D23,Q58

Abstract: The exploitation of shale gas has resulted in negative externalities as environmental impacts particularly affecting air and soil.

This study has shown us that the environmental governance of the negative externalities linked to shale exploitation mainly consists in establishing regulatory policies for unconventional oil and gas operations because the particularity of the techniques of exploration and exploitation of natural gas. shale requires it in the United States, monitoring and following strict guidelines is one response to these risks, in the context of recent regulatory revisions.

Keywords: environmental governance, negative externalities, shale gas, regulation. USA.

Jel Classification Codes: Q51,Q53, D23,Q58

***Corresponding author:** Kamilia Boukra

1. Introduction:

Fondamentalement, la gouvernance pose la question du renouvellement des modalités de la décision, en interpellant notamment les fondements de la rationalité des comportements d'acteurs sur la question du temps et de l'espace (Beaurain C. , 2003, p. 12) .La gouvernance renvoie à des transformations notables dans la manière d'appréhender les problèmes qui se posent dans certain domaine à différentes échelles.

Mais à ces début, le terme de gouvernance a trouvé un écho significatif à la fois comme concept analytique dans le champ académique, faisant référence à une transformation des modes de gouvernement; comme principe normatif d'action au niveau international (Fond monétaire international, Banque mondiale, Organisation des Nations unies...) pour désigner des principes et des méthodes standards pour une « bonne gouvernance» des problèmes publics; et enfin comme rhétorique devenue incontournable dans le débat politique.

Historiquement, l'aspect environnementale de la gouvernance s'est amorcé en 1972, la Conférence de Stockholm sur l'homme et son environnement entraine la création du Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) comme l'organe de l'ONU chargé de coordonner les efforts de la communauté internationale pour protéger l'environnement. Elle rejette ainsi la possibilité. Pourtant évoquée de créer une organisation spécialisée disposant de ses propres statuts et de fonctions plus tendues, recevant des contributions obligatoires de la part des membres.

La préoccupation environnementale des activités industrielles prend le devant de la scène internationale notamment avec l'accélération de la production Américaine du schiste vers les années 2010 à 2012 alimente le débat sur le rôle de la gouvernance

environnementale pour limiter les externalités externes qui résultent des activités d'exploration et d'exploitation du schiste.

- Problématique

Cette étude cherche à répondre à la question suivante:

Comment se gouverne les externalités environnementales qui résultent de l'exploitation du gaz de schiste?

- Hypothèses

- Les impacts environnementaux induits par l'exploitation du gaz de schiste constituent des externalités négatives ;
- Les externalités négatives liées à l'exploitation de schiste prennent deux formes essentielles: la pollution atmosphérique de l'air et du sol;
- La gouvernance environnementale des externalités négatives implique une prise des mesures préventives tout au long de la chaîne de l'exploitation du gaz de schiste.

- Objectifs

La présente étude est orientée vers trois objectifs:

- appréhender les points fixes d'une approche pluridisciplinaire de la gouvernance dans sa dimension environnementale;
- tracer une piste de réflexion sur la gestion des externalités négatives liées à l'exploitation du gaz de schiste;
- exposer une lecture de l'expérience des USA en gouvernance environnementale.

- Revue de la littérature

Les impacts du gaz de schiste sur l'environnement font l'objet d'un certain nombre de recherches académiques, le travail de (Hefley & Wang, 2016) met l'accent sur le changement du paysage énergétique

mondial suite au développement du gaz de schiste, ce qui va entraîner également des impacts environnementaux lourds.

Tandis que (Jiang, 2011) et (O'Sullivan & Paltsev, 2012) focalisent l'attention -dans deux études séparées -sur les émissions de gaz à effet de serre . Jiang analyse le gaz à effet de serre produit par un grand puits de schiste aux usa (Marcellus shale gas), il confirme que le gaz de schiste de Marcellus n'ajoute que 3% d'émissions supplémentaires au gaz conventionnel, qui se situe probablement dans limites d'incertitude de l'étude. Le gaz de schiste de Marcellus a des émissions de GES inférieures par rapport au charbon lorsqu'il est utilisé pour générer électricité. (O'Sullivan & Paltsev, 2012) estiment que les émissions de gaz à effet de serre (dans 4000 puits aux USA) sont controversés, qu'il est erroné de suggérer que la fracturation hydraulique liée au gaz de schiste a considérablement modifié l'intensité globale des GES de la production de gaz naturel .Cependant ,(Dayal & Mani, 2017) approuvent l'interdépendance qui existe entre l'exploitation du gaz de schiste et l'environnement, l'émission des polluants atmosphériques du gaz de schiste sont à grande échelle par rapport aux polluants conventionnels, les fuites de le méthane provenant des puits de schiste, La manipulation soigneuse des produits chimiques en tant qu'additifs en fracturation hydraulique est un grand défi.

Pour (Stine, 2013),la production de gaz de schiste peut affecter le sol et les ressources en eau de surface, y compris la quantité et la qualité d'eau pendant la construction des puits de gaz de schiste, Une équipe de chercheurs de l'Université Carnegie Mellon étudie l'impact du gaz de schiste développement dans la région de Marcellus Shale sur les ressources en eau de Pennsylvanie, la recherche est basée sur des prélèvements d'eau des ruisseaux et des rivières et la gestion des eaux contaminées dans la région, l'équipe jusqu'à présent a trouvé que : la pollution de l'air n'est pas en corrélation avec le gaz de schiste; la plupart des réseaux de surveillance de la pollution atmosphérique sont axés sur la population tandis que le

développement du gaz de schiste se produit souvent dans les zones rurales. Cela crée une importante lacune dans la compréhension de l'exposition humaine aux activités liées au gaz de schiste.

Notre étude part d'une hypothèse principale : les impacts liés à la production et l'exploitation du gaz de schiste constituent des externalités négatives dont la gouvernance environnementale devient de plus en plus nécessaire.

2. Définition et évolution de la gouvernance environnementale

2 .1. Définition

Le concept de gouvernance est un terme ni neutre ni technique. Comme celui de durabilité -elle-même érigée en norme suprême de l'idéal politique, le terme gouvernance apparaît comme un qualificatif de l'ensemble des relations entre les différentes unités gouvernementales (Charick, 1995, p. 20).

En effet, R. Keohane définit le concept de gouvernance comme « the processes and institutions, both formal and informal, that guide and restrain the collective activities of a group » (Keohane, 2002, p. 30). Cette définition souligne l'importance du travail en commun.

Parmi la multitude et la polysémie des définitions on peut retenir que la gouvernance environnementale désigne: «un processus de négociations et de décisions qui cherchent à s'inscrire dans les transformations du contexte général d'action collective, favorise des interactions négociées entre une pluralité d'acteurs (autorités publiques, groupes organisés, acteurs du marché, société civile) concernés par la régulation d'un problème commun» (Salles & Leroy, 2013, p. 10). La gouvernance est fondée donc sur une coopération élargie, plus horizontale que hiérarchique, plus conventionnelle ou contractuelle que réglementaire.

La gouvernance environnementale peut être évoquée comme l'institutionnalisation de normes néolibérales visant à maintenir l'ordre économique actuel, ou même à soutenir et perpétuer son expansion. Face à la montée des contestations altermondialistes militants pour une autre mondialisation (Bernstein, 2002, p. 01).

Cependant, l'avènement des paradigmes discursifs modernes de l'environnement à partir des *environmental economics* est le résultat de plusieurs visions contradictoires. Ainsi, toute l'architecture juridique reflète-t-elle ces mêmes contradictions dont elle est encore prisonnière. Ces contradictions ou conflits se reflètent également dans les définitions des problèmes environnementaux globaux et les termes de leur application à l'échelle locale (Marteen, 1995, p. 44).

L'adoption d'idées de l'écologie hors d'équilibre et systèmes adaptatifs complexes aide à déplacer les préoccupations de la gouvernance loin des notions simples de responsabilité et autorité, et loin de se concentrer sur des objectifs tels que rendement maximal durable (Armitage & Rob de Loe, p. 12).

2.2 Les facteurs d'émergence de la gouvernance environnementale

Plusieurs facteurs ont participé à l'émergence de la préoccupation de devoir gouverner l'environnement, citant (Salles & Leroy, 2013, p. 13):

- La gouvernance environnementale s'est imposée à mesure que les problèmes écologiques ont investi l'agenda politique et médiatique. La structuration particulière des enjeux environnementaux;
- La tendance à promouvoir non sans difficultés, une régulation internationale et globale des problèmes d'environnement (climat, biodiversité, pôles, énergie);
- Pour traiter des enjeux marqués par leur transversalité, par l'interdépendance et le polycentrisme des configurations

d'acteurs, par des coopérations tant horizontales (État, marché, société civile) que multi-niveaux (du local à l'international), par la persistance d'incertitudes sur les conséquences des problèmes et l'absence de réponses standards tirées de l'expertise scientifico-technique.

2.2.1 . Encadrer les externalités environnementales des activités productives (pollutions, pression sur les ressources):

Pour prévenir des risques environnementaux et sanitaires, présentés comme socialement insupportables (accès à l'eau, érosion de la biodiversité...) et pour promouvoir la diffusion d'un pacte fondateur, incarné par le « développement durable » ou plus récemment « l'économie verte », préconisant des règles pacifiées de compétition pour les ressources et une fluidité des échanges marchands.

2.2.2 La dimension participative:

Elle représente une des composantes intrinsèques de la gouvernance environnementale .Depuis les années 1990, on assiste à un processus de diffusion des principes de la gouvernance environnementale, via une institutionnalisation croissante des mécanismes de décision décrits plus haut.

2.3 Les avantages de la gouvernance

La gouvernance permet d'appréhender (Richard & Rieu, 2017, p. 16):

- Des systèmes multi-acteurs et multi-scalaires d'auto-organisation et d'autorégulation, interdépendants entre eux;
- Des pouvoirs et des responsabilités partagés;
- Des capacités à coordonner des actions collectives face aux bouleversements, en vue de définir des objectifs partagés. elle permet de rendre compte de nouvelles façons de gouverner et de façonner les politiques publiques, dans un contexte où la légitimité politique des gouvernements est contestée, où les

responsabilités sont partagées, où les frontières entre les sphères publiques, privées et associatives s'estompent.

3. La gestion des externalités liées à l'exploitation du gaz de schiste

3.1. Les externalités : définition et types

Une externalité désigne une situation où un agent économique influe indirectement sur la situation d'autres agents, sans qu'ils n'aient été consultés et touchent une quelconque indemnisation. Cette notion a été introduite par Sidgwick en 1887 puis a été précisée par Viner en 1931.

Le concept d'externalité est défini pour la première fois comme un défaut de marché par Pigou en 1932. Il correspond à une situation où une personne x , alors qu'elle est en train de rendre un certain service, contre paiement, à une autre personne y affecte incidemment, en bien ou en mal, d'autres personnes (non productrices de services similaires), et cela de telle manière qu'un paiement ne puisse être imposé à ceux qui en bénéficient, ni une compensation prélevée au profit de ceux qui en souffrent.

En d'autres termes on peut dire que pour qu'il ait externalité, il faut au minimum deux agents, mais qu'a fortiori il peut y en avoir davantage, ce qui correspondrait souvent aux conditions de fait des effets externes de masse.

Nous pouvons établir une typologie des externalités en fonction des effets économiques et de l'acte économique. De façon générale on distingue deux grands types d'externalités :

a) L'externalité positive/négative

L'externalité est dite positive quand l'effet procure une amélioration du bien-être de l'autre agent (Levêque, 2009, p. 23). Les

externalités positives (ou économies externes) désignent les situations où un acteur est favorisé par l'action de tiers sans qu'il ait à payer.

Les externalités négatives (ou d'économies externes) désignent les situations où un acteur est défavorisé par l'action de tiers sans qu'il en soit compensé, donc cet agent voit son bien-être diminuer.

b) Externalité publique /privée

La deuxième distinction à signaler, celle d'externalité privée et d'externalité publique, les externalités publiques caractérisent les effets externes non-rivaux, c'est à dire pour lesquels le préjudice subi (ou le bénéfice retiré) par un agent ne diminue pas le préjudice subi (ou le bénéfice retiré) par un autre agent. Par exemple, lorsque qu'un individu respire les mauvaises odeurs d'une décharge cela n'entraîne pas une moindre quantité de pollution offerte aux narines des autres ; tandis que si le vent dépose des débris de plastique ou de papier dans un jardin, c'est autant de détritrus en moins qui ne saliront pas les plates-bandes des autres.

3.2. Les externalités négatives liées à l'exploitation du gaz de schiste versus « manœuvre » de gouvernance

Bien que le gaz de schiste soit naturel, son exploitation nécessite un forage, car il est emprisonné à l'intérieur de roches situées jusqu' à trois kilomètres de profondeur. Le forage nécessite l'utilisation d'une grande quantité d'eau pour briser les roches: c'est la technique de fracturation hydraulique. Cette eau est alors polluée et nécessite un traitement particulier. De ce fait, l'exploitation du gaz de schiste a bien un impact sur l'environnement, principalement en raison des techniques de forage utilisées.

Il y a plusieurs étapes dans l'extraction du gaz de schiste. Il y a tout d'abord le forage, où l'on installe des canalisations qui atteignent les roches mères contenant le gaz de schiste piégé. Il s'ensuit la fracturation hydraulique: de l'eau, mélangée à du sable et un certain

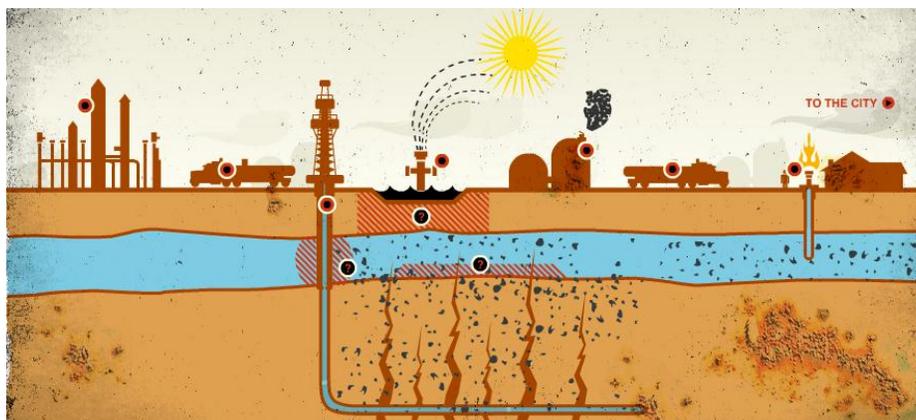
nombre d'additifs (environ 0.5% d'additifs, mais qui représentent jusqu'à 500-700 produits chimiques différents), est injectée à haute pression dans ces tuyaux, pour créer des micro-fractures dans la roche mère. Le sable maintient ces micro-fractures ouvertes et le gaz peut ainsi circuler librement.

Le liquide de fracturation (appelé eau produite) et le gaz remontent en partie à la surface par ces tuyaux (environ 50 à 70% du liquide de fracturation reste dans la couche de schiste). Cette étape s'appelle le flowback. A la surface, le gaz est séparé de l'eau produite. L'eau est traitée (une partie de l'eau est recyclée, l'autre est stockée afin d'être réutilisée dans le liquide d'une prochaine fracturation) et le gaz est acheminé vers les réseaux de distribution dans des gazoducs.

Le cas de la pollution atmosphérique induite par les entreprises pétrolières est un très bon exemple d'externalités négatives. L'entreprise effectue son choix de production sans prendre en compte les coûts éventuels liés à la prise en charge sanitaire des personnes touchées par les polluants ou à la baisse de la valeur immobilière des terrains par exemple.

La notion d'externalité négative permet donc à l'économie d'aborder des objets qui ne lui sont pas spécifiques car elle réintroduit dans l'analyse des éléments qui en étaient exclus. Dans la présente étude, il s'agit de prendre en compte la pollution atmosphérique induite par l'exploitation des gaz de schiste en tant que une externalité négative.

Figure N° 1. Les externalités négatives de l'exploitation du gaz de schiste



Source : (AQLPA, disponible sur :<http://www.aqlpa.com/enjeux-et-reflexions/gaz-et-petrole-de-schiste/page/0/3> (consulté:13/03/2020)).

3.2.1. La pollution atmosphérique

Le premier risque dû à l'exploitation du gaz de schiste est la pollution atmosphérique par l'émission de gaz à effet de serre, qui provoque le réchauffement climatique car la production de gaz de schiste libère des polluants qui sont majoritairement des oxydes d'azote (NOx), des particules, des composés organiques volatils (COV) et le méthane sous forme d'émanations fugitives (Table N°1). Mais, il pourrait y avoir d'autres raisons à la pollution de l'environnement.

Table N°1. La pollution atmosphérique induite par l'exploitation du gaz de schiste

Catégorie	Polluants émis	Origines	Conséquences
Polluants atmosphériques	Poussières	Engins pneumatiques.	<u>Sanitaires</u> : troubles des systèmes endocrinien, nerveux, vasculaire, intestinal et respiratoire.
	NOx	Engins pneumatiques, sources immobiles (machines).	<u>Socio-économiques</u> :
	COV (dont BTEX)	Engins pneumatiques, émanations fugitives lors du flowback, déshydratation du gaz, stockage de l'eau produite, maintenance.	-frais de traitement des maladies
	Autres polluants dangereux (HAP)	Produits chimiques ajoutés au liquide de fracturation.	- dévalorisation immobilière autour de l'exploitation
	O3	Formés par la réunion de NOx et COV	
Gaz à effet de serre	CH4	Engins pneumatiques, émanations fugitives lors du flowback, stockage de l'eau produite, maintenance.	<u>Climatique</u> : augmentation de l'effet serre.

Source: (Coulon & Pierre, 2014, p. 19).

Ces émanations fugitives sont difficiles à mesurer et donc à quantifier, mais elles sont en permanence revues à la hausse. Si les fuites de méthane sont dues à la nature même des gaz de schiste, les autres polluants ont principalement comme source d'émissions les

engins pneumatiques, et les 37% des produits chimiques ajoutés au liquide de fracturation qui sont volatils et s'échappent dans l'atmosphère tout au long de l'extraction. Il a été démontré également que des quantités importantes de polluants comme les COV qui jouent un rôle important dans la formation de smog avec les NOx en présence de lumière solaire.

Pour limiter ces fuites, il faudrait d'une part trouver de nouveaux moyens pour surveiller les émissions de méthane, et d'autre part avoir des informations précises sur l'intégralité des produits chimiques rajoutés au liquide de fracturation. On serait alors en mesure d'étudier leurs effets et de mettre en place des normes. Les puits de gaz de schiste présentent un risque très élevé d'accidents qui pourraient être liés à la fracturation hydraulique ou à l'accumulation de méthane.

Pour des raisons économiques, normalement, les sociétés gazières essaient de minimiser les émissions de gaz naturel, mais une petite quantité de fuite de gaz peut se produire. Outre le méthane, il y a émission d'autres gaz lors de la fracturation hydraulique de divers équipements. La fuite sur site et l'air associé peuvent entraîner une explosion. Parfois, il y a rejet de méthane dans la région et, en raison de fortes concentrations, une explosion peut se produire. Le méthane s'échappant des puits de gaz de schiste peut migrer dans les formations géologiques.

La surveillance et le respect de directives strictes sont une des réponses à ces risques. Les émissions de méthane des puits peuvent provenir d'un réservoir de stockage ou même lors de la collecte des eaux de reflux. Cela peut également être capturé pour la revente. Une petite quantité de gaz naturel peut fuir des soupapes de ventilation associées aux séparateurs et aux réservoirs de condensat ou être produite. Certains composants d'émission, y compris les fuites de méthane, sont possibles du traitement du gaz.

Les explosions dues à la collecte de méthane dans le puits peuvent être évitées en fournissant un système de ventilation au puits. Parfois, le sulfure d'hydrogène est associé au gaz naturel, qui est l'un des gaz toxiques les plus dangereux. Les émissions de gaz à effet de serre dans une zone plus vaste peuvent être réduites par le torchage. Les composés de COV sont un autre type de polluant qui doit être surveillé pour réduire son impact sur l'environnement. On peut contrôler les émissions atmosphériques ou réduire les émissions à l'aide de silencieux d'échappement.

3.2.2. La pollution du sol

La production de gaz de schiste peut affecter les ressources en eau souterraine et de surface - y compris la quantité et la qualité de l'eau. Le second risque est donc celui de la pollution des nappes phréatiques. Les rejets de gaz naturel dans le sous-sol sont un autre problème pour la communauté locale car en cas d'explosion, ils seront affectés.

Le cycle de l'eau de fracturation hydraulique comporte cinq étapes; chaque étape est définie par une activité impliquant de l'eau qui soutient la fracturation hydraulique. Les étapes et activités du cycle de fracturation hydraulique de l'eau comprennent (EPA, 2016); 1) Acquisition d'eau: le prélèvement d'eau souterraine ou d'eau de surface pour fabriquer des fluides de fracturation hydraulique; 2) Le mélange d'injection :le mélange d'un fluide de base (généralement de l'eau), d'un agent de soutènement et d'additifs sur le site du puits pour créer des fluides de fracturation hydraulique; 3) injection dans les puits : l'injection et le mouvement de fluides de fracturation hydraulique à travers les puits de production de pétrole et de gaz et dans la formation rocheuse ciblée; 4) Manipulation de l'eau produite: la collecte et la manipulation sur place de l'eau qui retourne à la surface après la fracturation hydraulique et le transport de cette eau pour élimination ou réutilisation; 5) Élimination et réutilisation des

eaux usées: élimination et réutilisation des eaux usées de fracturation hydraulique.

Le processus de fracturation hydraulique utilise des quantités importantes d'eau (3 à 6 millions de gallons d'eau par puits selon la longueur du forage latéral). Ainsi que certains produits chimiques. Le fluide de fracturation est un mélange d'eau, d'agent de soutènement et de produit chimique. Les produits chimiques sont ajoutés pour réduire la friction du fluide injecté et les biocides sont ajoutés pour empêcher la croissance bactérienne. Le matériau résistant à la corrosion est ajouté pour éviter la corrosion. Il a été observé que les produits chimiques contenus dans les additifs migrent à travers la zone fracturée de schiste vers des aquifères en eau peu profonde. Pendant la fracturation hydraulique, l'eau de fracturation dissoudra de nombreux sels présents dans le schiste et l'eau de reflux aura une teneur plus élevée en baryum, strontium, sodium, calcium, magnésium et chlorure. En cas de présence de matières radioactives dans la formation de schiste, ces matières seront également dissoutes dans l'eau de fracturation et reviendront dans l'eau de reflux.

Une fois la fracturation terminée, les eaux usées retournant à la surface contiennent des résidus chimiques de fracturation et des sels naturels, des métaux, des éléments radioactifs et des produits chimiques organiques. Si l'eau salée pénètre dans l'environnement, elle peut nuire à notre capacité de traiter l'eau à des fins potable et industrielle, et peut détruire les écosystèmes, tuant les poissons bivalves et les amphibiens et anéantissant la végétation aquatique.

Le volume d'eau injectée est renvoyé sous forme d'eau de reflux contenant du sable et du limon, de l'argile en suspension, de l'huile et de la graisse et des composants inorganiques dissous sous forme de solides dissous totaux (TDS). Le reflux et l'eau produite après la fracturation peuvent contaminer l'eau de surface. Le fluide de fracturation peut remonter à travers l'intersection des fractures induites avec les fractures naturelles ou l'espace entre les enveloppes. Il

pourrait y avoir des fuites et des déversements d'eau pendant le transport. Des fuites sont également possibles à partir des eaux de reflux et des déchets.

La contamination des eaux souterraines est un autre aspect important lors de la fracturation hydraulique. L'impact sur les eaux souterraines est lié directement à l'exploration du gaz de schiste. La sismicité induite due à la fracturation hydraulique et à la contamination des aquifères en eau peu profonde doit être surveillée. La sismicité induite dans le bassin à l'aide de Vibroseis ou lors d'une fracturation hydraulique à haute pression peut induire la zone fracturée près des aquifères en eau peu profonde, et pendant la fracturation hydraulique, le fluide peut migrer vers les aquifères en eau peu profonde.

L'eau produite par le gaz de schiste en Pennsylvanie(USA) contient des produits chimiques similaires à l'eau produite par des puits de pétrole et de gaz conventionnels ; cependant, l'eau produite par le gaz de schiste en Pennsylvanie est plus concentrée que les eaux similaires produites dans d'autres états (Stine, 2013, p. 13).

Pour éviter toute fuite, un stockage approprié est nécessaire. Après la fracturation hydraulique, l'eau de fracturation revient sous forme d'eau de reflux ou d'eau produite. L'eau de reflux contient des particules de sable et de limon, des particules d'argile en suspension, de l'huile et de la graisse et des composés organiques à TDS élevé provenant de la formation de schiste. Cette eau nécessite un traitement pour être réutilisée ou rejetée dans le ruisseau voisin. Les éléments les plus importants de l'eau de reflux sont la concentration d'éléments cancérigènes comme l'arsenic, l'uranium et le thorium car il est difficile de les éliminer par le traitement de l'eau. Finalement, l'eau contaminée par la fracturation n'est plus potable, et elle contamine à son tour les sols et la végétation.

La gestion de toutes les eaux produites nécessite de nouvelles approches pour protéger les ressources en eau. Par exemple, pendant l'expansion rapide de l'extraction de gaz de schiste de 2008 à 2011 en Pennsylvanie, de nombreuses options d'élimination ont été utilisées pour l'eau produite, y compris le traitement par des stations d'épuration conventionnelles et des usines de traitement de la saumure. Beaucoup de ces usines n'ont pas fourni de traitement adéquat, ce qui a entraîné des niveaux élevés de sel et de bromure dans les rejets dans les eaux de surface. Les eaux de surface de la région contenaient parfois des niveaux inacceptables de sels, de sulfate et de bromure au cours des dernières années, affectant le traitement de l'eau potable. Suite à l'identification de ce problème, les producteurs de gaz de schiste ont sélectionné des options de gestion alternatives (Stine, 2013, p. 11) .

4. lecture dans l'expérience des Usa en gouvernance environnementale:

Aux USA , d'un point de vue régional, les émissions agrégées (NOx et COV) des activités de Marcellus Shale devraient être importantes - contribuant à 12% des émissions régionales en 2020 (Stine, 2013, p. 15) .Les sources de pollution atmosphérique liées au développement du gaz de schiste ne sont pas uniquement à partir de l'opération de fracturation elle-même, mais aussi des activités utilisées pour développer des puits et produire du gaz naturel telles que les plates-formes de forage, les stations de compression et la ventilation de finition.

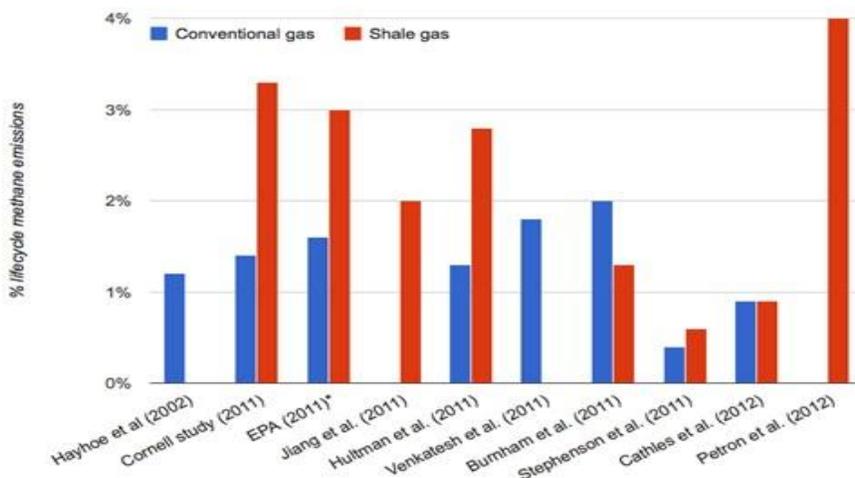
Une équipe de chercheurs de l'Université Carnegie Mellon dans un article intitulé « Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Marcellus Shale Gas » a constaté que le développement et l'achèvement d'un puits de schiste Marcellus typique produit environ 5500 tonnes d'équivalent de dioxyde de carbone, soit environ 1,8 gramme de CO₂e / mégajoule (MJ) de gaz produit (Jiang, 2011, p. 20).

En tenant compte de la pratique réelle sur le terrain, il été estimé en 2010, que les émissions fugitives totales de GES provenant de la fracturation hydraulique liée au gaz de schiste aux États-Unis s'élevaient à 216 Gg CH₄ (O'Sullivan & Paltsev, 2012). Cela représente 3,6% des 6002 Gg de CH₄ estimés d'émissions fugitives de toutes les sources liées à la production de gaz naturel cette année-là.. Ainsi, dans le cadre d'un objectif de réduction des GES, il est clair que des efforts accrus doivent être consentis pour réduire les pertes fugitives de ce système. Cependant, il est également clair que la production de gaz de schiste et plus particulièrement les opérations de fracturation hydraulique associées n'ont pas modifié sensiblement les émissions totales de GES du secteur du gaz naturel. En outre, pour la grande majorité des puits de gaz de schiste contemporains, les revenus tirés de l'utilisation de complétions à émissions réduites pour capturer le gaz produit lors d'un reflux typique couvrent le coût de l'exécution de telles complétions.

Les préoccupations environnementales entourent l'extraction et la production de gaz naturel non conventionnel, dans un examen des problèmes de contamination de l'eau dans les schistes de Marcellus dans l'État américain de Pennsylvanie, des chercheurs ont constaté qu'il y avait relativement peu d'incidents environnementaux ayant un impact significatif par rapport aux puits forés., il existe également des préoccupations importantes concernant l'approvisionnement en eau et l'impact de la fracturation sur les approvisionnements en eau limités dans le monde et la disponibilité de l'eau pour soutenir la production de gaz non conventionnel (Hefley & Wang, 2016) .

Alvarez et coll. ont estimé à 13 Tg les émissions annuelles de méthane de la chaîne d'approvisionnement nationale Pétrole / Gaz pour 2015, ce qui est 60% plus élevé que les estimations officielles de l'EPA .(Figure N° 2)ci-dessous le confirme.

Figure N° 2. Emission de méthane aux usa



Source: Conçu par les auteures en se basant sur les informations collectées.

L'EPA sous-estime probablement les émissions car il demande la permission aux opérateurs pétroliers et gaziers de prendre des mesures et les travailleurs peuvent éviter les erreurs ou résoudre les problèmes lorsque les équipes de mesure arrivent, selon l'étude.

Une étude récente du Fonds de défense environnementale a révélé que 3,7% du gaz naturel produit dans le bassin permien s'échappait dans l'atmosphère (Gardner, 2018) . C'est suffisant pour effacer à court terme les avantages liés aux gaz à effet de serre liés à l'abandon du charbon pour le gaz.

Les scientifiques ont longtemps eu du mal à déterminer la quantité de méthane rejetée dans l'atmosphère. Une série d'études antérieures coordonnées par EDF et des centaines d'autres chercheurs indiquaient qu'aux États-Unis, le système pétrolier et gazier fuyait en moyenne 2,3% de tout le gaz qu'il produisait. C'est environ 60% de plus que le taux de fuite rapporté par l'EPA, à 1,4%. C'est pourquoi, en 2016, l'Agence de protection de l'environnement a mis au point des

règles régissant les émissions de méthane et la pollution atmosphérique toxique associée par l'industrie pétrolière et gazière. Ces garanties sont maintenant en danger (EDF, 2018). La propre analyse de l'EPA conclut à la suppression de ces nouvelles normes sources, de 2019 à 2025, la proposition entraînera (EDF, 2019):

- 340 000 tonnes de méthane;
- 9 100 tonnes métriques de COV;
- 270 tonnes métriques de polluants atmosphériques dangereux.

L'impact de la fracturation hydraulique peut varier selon les puits individuels. Par exemple, l'eau produite par Marcellus Shale est généralement beaucoup plus salée que l'eau produite par d'autres formations de schiste aux États-Unis (Stine, 2013, p. 11).

Tout en développant le gaz de schiste, le gouvernement américain avance qu'il a pris soin de la santé humaine et de l'environnement. Pour garder l'intérêt public, des directives strictes ont été appliquées pour ce développement. En 2000, les États-Unis ont fourni un soutien financier et des directives pour la recherche scientifique.

Au départ, l'accent était mis sur trois des principales zones de gaz de schiste des États-Unis. Il y avait une forte controverse pour l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste, car la société de services évitait de donner la liste des produits chimiques susceptibles de contaminer les eaux souterraines ajoutées dans les fluides de fracturation. Les perceptions négatives et l'ingérence politique étaient parfois responsables de l'interdiction de l'exploitation du gaz de schiste. Une protection adéquate de la santé publique et de l'environnement est la plus importante.

Pour les questions liées à l'environnement et à la santé publique, il est important de consulter la communauté vivant dans la région et de prendre son avis comme guide pour l'exploration du gaz de schiste. Il est très important de donner des informations correctes par le biais des médias. Il est également nécessaire d'inclure les instituts de recherche

universitaires et les universités car ils fourniront les informations appropriées, et la communauté sera satisfaite de leur rapport.

Il existe des politiques et des réglementations pour les opérations pétrolières et gazières conventionnelles qui seront également utiles pour les activités non conventionnelles. La technique d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste est différente, et la réglementation actuelle pour le pétrole et le gaz conventionnels doit être modifiée.

La protection de l'environnement et de la santé publique devrait être une condition essentielle pour obtenir le soutien et l'acceptation du public. Pour le développement des puits de forage, l'activité sera la construction de routes pour le transport de l'équipement, la pose d'une canalisation pour le transport de l'eau pour la fracturation hydraulique et la construction d'un réservoir avec revêtement pour différents types d'eau et de produits chimiques. Ces activités sont importantes pour éviter l'érosion des sols et pour protéger la qualité de l'eau et les dommages écologiques. Pendant la construction et l'exploitation, une protection est requise contre les fuites et les déversements d'huile et de graisse et d'autres contaminants.

Les préoccupations concernant la fracturation hydraulique peuvent se résumer en quelques points (Hefley & Wang, 2016): 1. produits chimiques ajoutés comme additifs et risque pour les aquifères en eau peu profonde utilisés par communauté, 2. impact de la fuite de la formation de schiste et de la migration vers les aquifères, 3. toute plainte de la communauté, 4. reflux et production d'eau après fracturation nécessitant un traitement avant élimination, 5. éruption de puits en raison d'une fuite de méthane pendant fracturation hydraulique. La composition fluide est constituée de 90,5% d'eau et de particules d'agent de soutènement, et les 0,5% restants sont divers additifs chimiques. Les additifs sont utilisés pour réduire le frottement et favoriser la fracturation. Auparavant, les sociétés d'exploration et de production déclaraient les additifs comme un produit exclusif, mais

maintenant, en vertu de la loi actuelle, la divulgation des produits chimiques utilisés pour la fracturation hydraulique est obligatoire. Il manque des informations claires sur les principaux produits chimiques utilisés pour la fracturation et l'impact de ces produits chimiques sur la toxicité environnementale. Désormais, tous les produits chimiques utilisés comme additifs pour la fracturation hydraulique sont disponibles dans le domaine public (Dayal & Mani, 2017, p. 11).

Cependant, aux Etats-Unis, l'industrie du gaz de schiste échappe à certaines réglementations concernant la qualité de l'air. Ceci est lié aux subventions du gouvernement fédéral, et à la législation en place qui exonère les industries du pétrole et du gaz d'un certain nombre de réglementations environnementales. Ainsi, l'exploitation du gaz de schiste n'est pas concernée par le Clean Air Act, une loi qui vise à diminuer la pollution atmosphérique. Des mesures moins restrictives sont donc imposées à cette industrie, moins de mesures sont donc faites (Coulon & Monin, 2014, p. 19) .

5. CONCLUSION

L'exploitation du gaz de schiste a entraîné des activités industrielles intensives dans les zones rurales et suburbaines, ce qui a entraîné des externalités négatives allant du simple bruit des appareils de forage et de l'équipement lourd à l'augmentation des transports jusqu'aux différents types d'impacts environnementaux touchant particulièrement l'air et le sol.

Il est à réfuter l'idée selon laquelle le gaz de schiste fournirait une énergie plus propre que les énergies fossiles conventionnelles. Certains polluants émis ont un impact sanitaire négatif (l'ozone, les polluants organiques utilisés dans la fracturation). En prenant en compte les grandes quantités de méthane qui s'échappent, l'extraction du gaz de schiste n'est finalement pas plus avantageuse en terme environnemental.

Il est important à priori d'avoir des directives très strictes avec un système de surveillance pour l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste. Il est tout aussi important d'appliquer les directives, et un tableau de bord régulier doit être tenu par l'opérateur.

Les directives pour le développement du schiste nécessitent des lois très strictes pour les différentes étapes de l'exploitation. Il devrait y avoir des directives pour l'utilisation de la route (car cela rendra la route encombrée), ce qui nécessite un coût d'entretien beaucoup plus élevé. L'exploitant devrait être responsable de maintenir la route en bon état pendant la durée de son utilisation. Il devrait y avoir des directives pour le forage du puits et le tubage du puits. Il devrait y avoir des directives pour l'eau propre avant la fracturation hydraulique, le tubage de surface doit être achevé et testé.

Pour l'exploration et l'exploitation du gaz de schiste, des lignes directrices devraient être établies pour interdire l'élimination des polluants dans l'eau, pour le traitement et la réutilisation, et leur rejet ultérieur dans le système d'eau de surface. Des stratégies strictes sont nécessaires pour l'opération. Les lignes directrices devraient couvrir les animaux aquatiques et terrestres ainsi que les oiseaux migrateurs menacés par une telle pollution. Il devrait y avoir une disposition pour formuler des directives sur le temps de libération et la quantité de produits chimiques dangereux et la durée de nettoyage des déversements.

La surveillance des directives est nécessaire par un tiers, et il devrait y avoir des sanctions très strictes pour éviter tout dommage à l'environnement. Les dommages écologiques causés par la fragmentation de l'habitat doivent être évités. Les émissions de COV et de peroxyde d'hydrogène doivent être évitées.

Dans le cadre des récentes révisions réglementaires, aux usa, l'accent sur la liste des produits chimiques utilisés pour la fracturation hydraulique est devenu obligatoire. Des réglementations sont

nécessaires pour une mise en œuvre efficace afin de protéger la santé humaine et l'environnement.

6. Liste Bibliographique:

AQLPA, Gaz et pétrole de schiste, disponible sur:
<http://www.aqlpa.com/enjeux-et-reflexions/gaz-et-petrole-de-schiste/page/0/3> (consulté:13/03/2020).

Dayal, Anurodh Mohan; Mani, Devleena . (2017), shale gas exploration and environmental and economics impacts, CSIR-NGRI, Hyderabad, India, Elsevier edition.

Brantley, S. et al. (2014) .Water resource impacts during unconventional shale gas development: The Pennsylvania experience. *Int J Coal Geol* 126:140–156.

Coulon,Cécile; Monin, Pierre. (2014) .La pollution atmosphérique induite par l'exploitation du gaz de schiste, Centre d'Enseignement et de Recherches sur l'Environnement et la Société Environmental Research and Teaching Institute(CERES-ERTI) ,semestre 2014/2015 ,disponible sur:
http://www.ceres.ens.fr/IMG/pdf/PA_liee_au_GdS_VF-2.pdf
(consulté:10/04/2020).

Beaurain ,Christophe. (2003).Gouvernance environnementale locale et comportements économiques, Un nouvel éclairage sur l'articulation du temps et de l'espace, Développement durable et territoires, Économie, géographie, politique, droit, sociologie, Dossier 2, Disponible sur:
<http://journals.openedition.org/developpementdurable/1110>
(consulté: 05/12/2019).

Stine, Deborah . (2013). Shale gaz and the environnement :Critical Need for a Government–University–Industry Research Initiative,carnegy mellon, university,scott institute, for energy innovation.

Salles, Denis; Leroy, Pieter. (2013). La gouvernance environnementale, dictionnaire critique et interdisciplinaire de la participation, Disponible sur:

<http://repository.ubn.ru.nl/bitstream/handle/2066/119085/119085>

5.

Armitage ,Derek ; I, Rob de Loe,(2012) .Environmental governance and its implications for conservation practice, Conservation Letters 5, Disponible sur:

https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-263X.2012.00238.x.

[https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-263X.2012.00238.x.](https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1755-263X.2012.00238.x)

EDF. (2018). The EPA is gutting rules that protect you from methane pollution, <https://www.edf.org/climate/epa-gutting-rules-protect-you-methane-pollution> (consulté: 14/06/2020).

EDF. (2019). The EPA's Dangerous new methane policy ,under trump, the agency responsible for protecting our air will actually create more pollution, <https://www.edf.org/sites/default/files/documents/EPAMethaneRollbackFactSheet.pdf>(consulté: 14/06/2020).

Marteen, Hajer. (1995). The Politics of Environmental Discourse, Ecological Modernization and the Policy Process, Oxford/New York, Clarendon Press.

Richard, Sophie; Rieu ,Thierry .(2017) .Une approche historique de la gouvernance pour éclairer la gestion concertée de l'eau en France, Disponible sur: https://www.iwra.org/member/congress/resource/abs863_article.pdf.

O'Sullivan, Francis; Paltsev, Sergey. (2012). Shale gas production: potential versus actual greenhouse gas emissions, Environ. Res. Lett. 7.

Levêque ,François. (2009), Économie de la réglementation, Collection : Repères; Éditeur : La Découverte. Paris, France.

Jiang, Mohan. (2011). Life cycle greenhouse gas emissions of Marcellus shale gas, Environ Res. Lett. 6 034014.

Charick, Robert. (1995) .Le concept de gouvernance et ses implications en Afrique. In Démocratie ou développement, mirage ou espoir raisonnable? Sous la dir. de Michael Esoavelomandroso et Gérard Felt,. Karthala, Paris.

- Keohane, Robert. (2002). *Power and Governance in a Partially Globalized World*, London, Routledge, (consulté :19/9/2017)
- Bernstein Steven. (2002). *Liberal Environmentalism and Global Environmental Governance* », *Global Environmental Politics*.
- Gardner, Timothy. (2018). U.S. energy industry's methane gas emissions underestimated by EPA: study *Environment*, June 21, 2018, <https://www.reuters.com/article/us-usa-methane-idUSKBN1JH2TP> (consulté :13/06/2020).
- United state Environmental Protection Agency (EPA). (2016). *Hydraulic Fracturing for Oil and Gas: Impacts from the Hydraulic Fracturing Water Cycle on Drinking Water Resources in the United States*.
- Hefley, William; Wang, Yongsheng. (2016). *The Global Impact of Unconventional Shale Gas: Economics, Policy, and Interdependence, Natural Resource Management and Policy Volume 39*, Editors Yongsheng Wang Department of Economics and Business Washington and Jefferson College Washington, PA USA Development, Springer International Publishing Switzerland.