

# Adaptation et vulnérabilité climatique : Houston face à l'ouragan Harvey

## L'essentiel

- ▶ L'ouragan Harvey a touché la région de Houston, 4e ville des Etats-Unis et grand centre industriel, du 26 au 30 août 2017.
- ▶ Un mois après le cyclone, les activités de raffinage restent perturbées et le prix du carburant aux Etats-Unis est supérieur de 10% à son niveau antérieur.
- ▶ Le hub logistique de Houston a été fortement perturbé mais, sauf exception, les transports sont rapidement revenus à un fonctionnement normal.
- ▶ Des niveaux de précipitations exceptionnels ont entraîné des dommages durables sur l'habitat, les réservoirs d'hydrocarbures et les voies navigables.
- ▶ La reconstruction va être compliquée par un faible taux d'assurance. Une importante population de migrants illégaux constitue un défi supplémentaire.

Les dernières décennies l'ont démontré : ouragans et typhons ne sont pas seulement des événements ponctuels, ils peuvent déstabiliser durablement de larges zones géographiques même dans un pays aussi avancé que les Etats-Unis. Les conséquences économiques, sociales et politiques de Katrina pour la Louisiane en 2005 ou Sandy à New-York en 2012 se sont fait sentir pendant des années.

Harvey vient de rejoindre cette liste. Au-delà de l'inondation de Houston, la quatrième ville des Etats-Unis avec une population de 2.3 millions d'habitants, il a touché un des plus grands hubs logistiques au monde et le cœur de l'industrie pétrolière américaine, concentrée dans le Golfe du Mexique ou la formation de d'Eagle Ford pour la production et autour de Houston pour le raffinage et la pétrochimie.

Alors que l'intensité, la fréquence et la durée des ouragans augmentent dans l'Atlantique Nord<sup>1</sup> et que les projections indiquent que la fréquence des événements les plus violents va continuer à croître à mesure que la planète se réchauffe<sup>2</sup>, la compréhension de ces phénomènes devient un enjeu majeur. Cette note, publiée un mois après le passage de Harvey sur les côtes américaines, a pour objectif de contribuer à cet effort en documentant les dommages créés par l'ouragan et en essayant d'identifier les facteurs qui peuvent les aggraver ou au contraire rendre la population affectée plus résiliente.

## ▶ Un phénomène exceptionnel

Harvey était le premier ouragan de catégorie 3 ou plus à toucher les côtes américaines depuis Wilma en 2005. Formé le 17 août dans les Petites Antilles, il a atteint les Etats-Unis en remontant le Golfe du Mexique vers le nord-ouest. Le cyclone a



### ► Trajectoire de Harvey et précipitations

touché la côte Texane après être passé en catégorie 4 le 26 août à 1h du matin CT (le 25 août à 18h, heure française) à 40km environ au nord de Corpus Christi.

Il s'est ensuite enfoncé en direction d'Austin en perdant en intensité. Il a été rétrogradé en tempête tropicale le 26 août à 13h. Il a alors fait demi-tour pour revenir au-dessus de l'océan et longer la côte en passant devant Houston et Port Arthur. Il a de nouveau touché terre le 30 août vers 17h ET en Louisiane à 50km à l'est de Port Arthur. Il a achevé de se dissiper en remontant vers le nord. L'alerte a été levée le 30 à 22h.

Il est très inhabituel qu'une tempête tropicale persiste aussi longtemps après avoir touché terre et la trajectoire de Harvey l'a maintenu pendant 5 jours à proximité de Houston. Cette particularité explique des cumuls de précipitations exceptionnels : entre Houston et Port Arthur, les précipitations ont régulièrement dépassé 75cm en 5 jours. Les modèles météorologiques évaluaient la probabilité des précipitations qui ont touché la région de Houston à 0.1% par an, voire pour les zones plus durement touchées à 0.0002%<sup>3</sup>.

Selon le dernier bilan publié par les autorités texanes, l'ouragan Harvey a fait 82 victimes<sup>4</sup>.

### ► Impact pour le secteur pétrolier

Harvey est passé au-dessus de deux zones importantes pour la production d'hydrocarbures : le Golfe du Mexique, d'où est extrait 17% du pétrole et 5% du gaz américains, et la formation d'Eagle Ford, d'où provient 21% du pétrole et 10% du gaz non-conventionnels (ou "de schiste"). Dans le Golfe du Mexique, environ un quart de la production a été arrêtée pendant l'ouragan<sup>5</sup>. Selon la *Texas Railway Commission*, la production d'Eagle Ford a baissé de 35 à 60%<sup>6</sup>. Dans les deux cas cependant, la production semble être revenue rapidement à son niveau normal.

Le sud du Texas abrite par ailleurs 27% des raffineries américaines, 80% de ces capacités ont été mises hors-service par Harvey. Le 1er septembre, 11 raffineries, représentant une capacité de 3 millions de barils par jour, étaient à l'arrêt et 8 fonctionnaient à capacité réduite. Au total, la capacité de raffinage des Etats-Unis était alors amputée de 4.1 millions de barils par jour.

La protection des raffineries contre les inondations a été considérablement renforcée après que l'ouragan Katrina eut gravement endommagé plusieurs installations du Golfe du Mexique en 2005<sup>7</sup>. Mais ces nouvelles mesures n'ont pas été suffisantes pour faire face aux précipitations exceptionnelles qui ont accompagné Harvey.

Les perturbations se sont prolongées après le passage de l'ouragan : seules 2 raffineries sur 19 ont pu revenir à un fonctionnement normal en moins de 15 jours. Le 26 septembre, la raffinerie Total de Port Arthur d'une capacité de 225.000 barils par jour, était toujours totalement à l'arrêt après avoir subi une coupure de courant le 30 août. Huit autres raffineries fonctionnaient encore à capacité réduite<sup>8</sup>.

Ces indisponibilités pourraient avoir des effets indirects difficiles à évaluer pour l'instant dans la mesure où le développement de la production d'hydrocarbures aux Etats-Unis a entraîné la mise en place de chaînes d'approvisionnement, de sous-traitance et de traitement de plus en plus

complexes et diffuses depuis une dizaine d'années<sup>9</sup>.

### ► Effet sur le prix des hydrocarbures

Harvey n'a pas eu d'effet spectaculaire sur les cours du pétrole. Il a cependant poussé le spread WTI/Brent (l'écart entre l'indice de référence américain et l'indice de référence mondial) à son plus haut niveau depuis 2015 : le WTI a été tiré vers le bas en anticipation d'une baisse de la demande de la part des raffineurs pendant que le Brent de Mer du Nord augmentait à cause de la chute temporaire des exportations de pétrole américaines.

Le cours de l'essence aux Etats-Unis, au contraire, a bondi à 2.17\$ par gallon le 31 août, son plus

haut niveau depuis fin 2014. Il est ensuite rapidement retombé sous les 1.70\$.

A la pompe, la hausse des prix a été plus durable : le prix de l'essence était en moyenne de 2.33\$ par gallon le 21 août, il a atteint 2.45\$ par gallon le 31 août puis 2.65\$ le 5 septembre, au plus haut depuis l'été 2015. Le 25 septembre, il était toujours de 2.57\$ par gallon, le retour à la normale devrait prendre encore plusieurs semaines<sup>10</sup>. La facture pour les consommateurs américains, qui utilisent en moyenne 12 milliards de gallons de carburant par mois<sup>11</sup>, va donc se chiffrer en milliards de dollars.

### ► Infrastructures logistiques

Au-delà du secteur pétrolier, Harvey a affecté

Site	Exploitant	Capacité (barils/j)	1er septembre	6 septembre	12 septembre
Port Arthur	Motiva	603000	A l'arrêt	A l'arrêt	Capacité réduite
Baytown	ExxonMobil	560500	A l'arrêt	Capacité réduite	Capacité réduite
Galveston Bay	Marathon	459000	Capacité réduite	Capacité réduite	Capacité réduite
Beaumont	ExxonMobil	362300	A l'arrêt	A l'arrêt	A l'arrêt
Deer Park	Shell	340000	A l'arrêt	A l'arrêt	Capacité réduite
Port Arthur	Valero	335000	A l'arrêt	Capacité réduite	Capacité réduite
Corpus Christi	Flint Hills	300000	Capacité réduite	Capacité réduite	Capacité réduite
Corpus Christi	Valero	293000	Capacité réduite	En service	En service
Houston	Lyondell	263776	Capacité réduite	Capacité réduite	Capacité réduite
Sweeny	Phillips66	247000	A l'arrêt	A l'arrêt	Capacité réduite
Port Arthur	Total	225500	A l'arrêt	A l'arrêt	A l'arrêt
Texas City	Valero	225000	Capacité réduite	En service	En service
Houston	Valero	191000	Capacité réduite	Capacité réduite	Capacité réduite
Corpus Christi	Citgo	157500	A l'arrêt	Capacité réduite	Capacité réduite
Pasadena	Petrobras	112229	A l'arrêt	Capacité réduite	Capacité réduite
Three Rivers	Valero	89000	Capacité réduite	Capacité réduite	Capacité réduite
Texas City	Marathon	86000	Capacité réduite	Capacité réduite	Capacité réduite
Corpus Christi	Buckeye	50000	A l'arrêt	A l'arrêt	A l'arrêt
Corpus Christi	Magellan	50000	A l'arrêt	A l'arrêt	A l'arrêt

Capacité indisponible (millions de barils/jour)	4,1	3	2,8
Pourcentage de la capacité totale américaine	22%	16%	15%

► Statut des raffineries situées dans la région de Houston pendant les 2 semaines suivants l'ouragan

l'économie américaine en perturbant temporairement le hub logistique de Houston, un des plus importants du pays. Anecdote révélatrice de ces difficultés : un des principaux prestataires logistiques de McDonalds, MartinBrower, exploitant un entrepôt en banlieue de Houston, certains de ses restaurants ont subi des pénuries pendant les jours suivants le passage de Harvey.

Le port de Houston a été fermé le 25 août à midi. Il a été relativement épargné par l'ouragan et le trafic a pu reprendre dès le 1er septembre à 7h mais en restant limité aux porte-conteneurs et aux heures de jour<sup>12</sup>. Plusieurs dizaines de navires ont été déroutés vers d'autres ports.

Avec un peu moins de 240.9 millions de tonnes en 2015, le port de Houston est le deuxième des Etats-Unis et le premier pour le trafic international<sup>13</sup>. Il joue un rôle central pour les industries pétrolière et parapétrolière et occupe une place importante pour d'autres secteurs. C'est, par exemple, le cas pour l'automobile : Volkswagen notamment a du retarder des livraisons suite à la fermeture du port<sup>14</sup>.

L'accès au port va être durablement limité : l'accumulation de débris et de sédiments a fait perdre environ un mètre de profondeur au canal le reliant au Golfe du Mexique<sup>15</sup>. Le tirant d'eau, et donc la charge, des navires rejoignant Houston devra être réduit jusqu'à ce que le canal ait été dragué. Parmi les autres dommages significatifs, on compte le naufrage d'un dock flottant.

Outre Houston, 2 ports figurant parmi les 10 plus importants des Etats-Unis ont été fermés : Corpus Christi, du 25 au 31 août, et Beaumont, du 28 au 31. Port Arthur et Texas City, qui font partie du top25, ont également été fermés<sup>16</sup>.

Les canaux de l'*Intracoastal* reliant Houston à Corpus Christi, très empruntés pour les échanges entre raffineries et usines pétrochimiques, ont été obstrués. A l'heure actuelle seules les péniches vides peuvent circuler, le trafic ne devrait être totalement rétabli qu'en novembre<sup>17</sup>.

Le trafic ferroviaire a aussi été perturbé, y compris des trains transfrontaliers en direction du

Mexique. Union Pacific, par exemple, a fermé 2800km de voies mais seuls 50km restaient hors-service le 7 septembre<sup>18</sup>. De nombreux retards ont été enregistrés en raison de la congestion des lignes ou des ralentissements de train nécessaires à l'inspection et à la remise en état des voies.

Ces défaillances ont fait augmenter la demande pour des transports routiers. Mais de nombreux véhicules et remorques se trouvant dans la région de Houston ont été endommagés. Par ailleurs, les conducteurs manquent, certains préférant s'occuper de leurs familles et de leurs logements, d'autres rejoindre les organismes fédéraux en charge des secours qui offrent de meilleurs salaires<sup>19</sup>.

### ► Conséquences environnementales

De très nombreuses usines pétrochimiques se trouvant dans la région sinistrée par le passage de Harvey, l'ouragan a entraîné d'importantes pollutions. Selon certains analystes, le développement rapide des hydrocarbures non-conventionnels a pu être un facteur aggravant : de nouvelles infrastructures ont été construites à la hâte et ne disposaient pas de protections suffisantes pour faire face à un événement aussi violent<sup>20</sup>.

Entre le 23 août et le 14 septembre, les 48 usines situées dans les zones affectées ont déclaré 90 incidents entraînant 2500 tonnes de rejets non-autorisés, soit autant que pendant toute l'année 2016<sup>21</sup>.

En volume, 70% des rejets déclarés initialement auraient été causés par l'arrêt puis le redémarrage des installations. Les dégradations causées directement ou indirectement par l'ouragan ne seraient à l'origine que de 30% des émissions polluantes, soit 800 tonnes environ.

Cependant le volume exact des fuites et la faible part des pollutions imputables directement à l'ouragan devront encore être confirmés une fois que les rejets seront mieux évalués. Les quantités rejetées sont en effet régulièrement revues à la hausse. L'exploitant de pipelines Magellan, par exemple, a signalé le 31 août une fuite

Installation - exploitant	Rejet	Causes du rejet
Galena Park Terminal - Magellan	1700m <sup>3</sup> d'hydrocarbures 34T de COV	
Crosby - Arkema	27T de polluants atmosphériques	Explosion de peroxydes organiques suite à une perte de réfrigération
Crosby - Arkema	15T de polluants atmosphériques	Incendie volontaire des stocks de peroxydes pour éviter de nouvelles explosions
Crosby - Arkema	12T d'hydrocarbures liquides	Débordement de deux réservoirs
Port Arthur - Total	32T de polluants atmosphériques (SO <sub>2</sub> , CO, H <sub>2</sub> S, NO <sub>x</sub> , PM)	Perte de l'alimentation électrique
Houston - Valero	Benzène et pétrole brut	Accumulation d'eau sur un réservoir à toit flottant

► Quelques incidents à l'origine des rejets importants

Source : Texas Commission on Environmental Quality, Air Emission Event Report Database

d'hydrocarbures de 120m<sup>3</sup> sur ses réservoirs de Galena Park. Ce chiffre a été revu le 11 septembre à 1700m<sup>3</sup>, ce qui en fait, pour l'instant, l'incident le plus important<sup>22</sup>.

De nombreuses fuites d'hydrocarbures ont été causées par les précipitations qui ont entraîné une accumulation excessive d'eau sur les réservoirs à toits flottants. La perte d'alimentation électrique a aussi été impliquée dans plusieurs accidents. C'est le cas notamment sur l'installation de l'entreprise française Arkema à Crosby où des chargements de produits chimiques instables ont explosé faute de pouvoir être maintenu à température<sup>23</sup>.

Enfin l'efficacité de l'EPA, l'agence américaine de protection de l'environnement, dans l'évaluation et le contrôle des pollutions a été mise en question. Le 3 septembre, Associated Press a révélé que l'EPA ne s'était pas encore rendue sur 7 sites contaminés<sup>24</sup>, déclenchant une importante polémique dans un contexte de réduction des moyens alloués à la protection de l'environnement.

► **Un système d'assurance en faillite**

La reconstruction s'annonce comme un défi immense : 185.000 maisons ont été endommagées dont 9000 sont détruites<sup>25</sup>. Une proportion importante des habitants de Houston

ne dispose pas d'assurance contre ces dommages et risque de ne pas recevoir d'aides.

Aux Etats-Unis, le risque d'inondation n'est pas couvert par les contrats d'assurance habitation. Il est possible de souscrire un contrat séparé pour ce risque, très majoritairement via un système public, le *National Flood Insurance Program*, soit directement soit par l'intermédiaire d'un assureur privé (système dit *Write your own*). En théorie, les bâtiments résidentiels situés en zone classée à haut risque par la *Federal Emergency Management Agency* doivent obligatoirement être assurés contre les inondations mais cette réglementation n'est pas appliquée : à Houston, seuls 28% des résidents des zones à haut risque et 15% de l'ensemble des propriétaires possèdent une assurance contre les inondations<sup>26</sup>.

Créé en 1968, le NFIP devait être réautorisé par le Congrès avant le 30 septembre de cette année. Il est critiqué non seulement par une partie des élus Républicains mais aussi par des associations de protection de l'environnement qui lui reprochent de maintenir les assurances à un prix artificiellement bas et d'encourager l'installation de logements dans des zones à risque aux dépens du contribuable<sup>27</sup>. Il a par ailleurs accumulé une dette de 25 milliards de dollars après les ouragans Katrina, Rita et Sandy. La réforme du NFIP est donc un sujet récurrent à Washington.



Dans le projet de budget qu'il a présenté après sa prise de fonction, Donald Trump prévoyait de réduire les fonds alloués au programme. Mais après une saison qui a vu trois ouragans de catégorie 3 ou plus toucher le territoire américain, le maintien de ce système est devenu indispensable malgré ses défauts : le NFIP a été prolongé de 3 mois le 8 septembre suite à un accord entre Donald Trump et les responsables démocrates du Sénat.

### ► Le sort des sans-papiers

Près de 600.000 sans-papiers résident à Houston<sup>28</sup> qui fait partie des "villes sanctuaires" ne collaborant pas à la politique fédérale de lutte contre l'immigration illégale. Ces habitants, qui représentent environ 10% de la population, ne peuvent généralement pas bénéficier des programmes d'aide. Et même lorsqu'ils le pourraient, le contexte politique peut les dissuader d'entrer en contact avec les autorités : une loi de l'Etat du Texas, entrée en vigueur le 1er septembre, rend illégales les villes sanctuaires et fait peser un risque accru d'expulsion.

En revanche, la présence de ces habitants pourrait aider la ville à se relever s'ils sont employables. Ils sont surreprésentés dans le secteur de la construction et, après Katrina, la Nouvelle-Orléans s'était largement appuyée sur une main d'œuvre illégale à bas coût en particulier pour les tâches les plus pénibles comme le déblaiement<sup>29</sup>.

Les difficultés que les migrants illégaux vont éprouver pour se réinstaller, leur décision de quitter la ville ou au contraire de contribuer à sa renaissance pourraient donc être un facteur déterminant pour l'avenir de Houston.

### ► Quels enseignements ?

**No one is safe.** Harvey montre encore une fois qu'un événement climatique peut avoir de graves conséquences même pour la première puissance mondiale. C'est un sévère rappel à l'ordre alors que l'administration fédérale semble décidée à ignorer l'environnement et le climat. Espérons

que les autorités américaines ferois preuve de réalisme et que cet événement permettra, au moins au niveau des Etats fédérés et des villes, de mieux prendre en compte l'évolution du climat dans l'urbanisme et de renforcer les normes de protection contre les inondations pour l'industrie.

**Et les écluses des cioux s'ouvrent.** Les dommages causés par Harvey sont en effet en grande partie liés à l'intensité des précipitations. Celles-ci s'expliquent par la période de 5 jours pendant laquelle l'ouragan, ensuite rétrogradé en tempête tropicale, s'est déplacé à proximité de Houston. Une étude récente montre que le réchauffement de l'Arctique pourrait favoriser des événements climatiques extrêmes se déplaçant moins rapidement qu'auparavant<sup>30</sup> et donc la répétition d'un tel scénario. D'une manière générale, le réchauffement de la planète tend à augmenter l'humidité de l'air et les précipitations.

Les cumuls de pluie ont atteint des niveaux qui étaient jugés très improbables, ce qui explique que les mesures de protection contre les inondations, pourtant renforcées dans les raffineries après l'ouragan Katrina, n'aient pas été suffisantes. Des pluies exceptionnelles ont notamment été à l'origine de dommages sur des cuves à toits flottants et de coupures d'électricité, catastrophiques dans le cas de Total et d'Arkema.

Cette situation montre qu'une approche probabiliste basée sur des données météorologiques passées est insuffisante pour dimensionner les mesures de protection. Harvey devrait inciter les industriels à collaborer plus étroitement avec la communauté scientifique pour concevoir leurs installations en fonction des paramètres climatiques futurs.

**Choc pétrolier.** Les conséquences de l'ouragan sur les installations de raffinage et les prix du carburant devraient encore rester sensibles plusieurs semaines. La facture pour les industriels et les consommateurs américains va se chiffrer en milliards de dollars.

Le dynamisme de la production américaine n'a pas suffi à faire disparaître les risques liés à la dépendance pétrolière. Au contraire, le rôle accru

des hydrocarbures dans l'économie, des chaînes de valeur plus longues et complexes et peut-être des installations construites à la va-vite ont augmenté la vulnérabilité des Etats-Unis face à un événement comme Harvey.

L'ouragan montre par ailleurs l'intérêt des réserves stratégiques d'hydrocarbures, qui était en débat depuis que les Etats-Unis sont redevenus exportateurs.

**Le casse-tête de l'assurance.** L'ouragan Harvey met clairement en lumière les limites du système d'assurance contre les inondations : les dommages se sont étendus bien au-delà des zones à haut risque où cette assurance est obligatoire et, même dans ces zones, la réglementation n'est pas appliquée. Dans les deux cas, les résidents renoncent à s'assurer parce que le système, bien que public et en déficit chronique, est trop coûteux. Une privatisation, idée portée par une partie de l'administration Trump, ne résoudrait évidemment pas ce problème et semble d'ailleurs très irréaliste.

Alors que les événements climatiques violents deviennent plus fréquents, l'assurance s'annonce comme un défi majeur. Sans solution satisfaisante à l'heure actuelle.

**Population marginalisée, problème collectif.** La présence d'une importante communauté de migrants illégaux pourrait être un obstacle à la reconstruction de Houston. En effet ces populations sont plus vulnérables et le contexte politique peut les dissuader de chercher de l'aide auprès des autorités.

On s'attend à ce que le changement climatique accélère les déplacements de population<sup>31</sup>. Le cas de Houston montre que ces déplacements pourraient se combiner avec des événements climatiques extrêmes, eux-aussi favorisés par le réchauffement en cours, pour en aggraver les dommages et rendre le relèvement plus difficile. L'attitude de la société d'accueil est cependant déterminante : l'expérience prouve que s'ils sont employés, les migrants illégaux peuvent au contraire jouer un rôle important dans la reconstruction.

- 
- <sup>1</sup> US NATIONAL CLIMATE ASSESSMENT. "Climate Change Impacts in the United States", 2014. Disponible sur : <http://nca2014.globalchange.gov/downloads>
- <sup>2</sup> Thomas R. KNUTSON et alii. "Tropical cyclones and climate change", *Nature Geoscience*, 21 février 2010. Disponible sur : <https://www.nature.com/ngeo/journal/v3/n3/full/ngeo779.html>
- <sup>3</sup> METSTAT. "Hurricane Harvey – Extraordinary Flooding for Houston and Surrounding Areas". Disponible sur : <http://metstat.com/hurricane-harvey-extraordinary-flooding-for-houston-and-surrounding-areas/>. Consulté le 19/09/2017.
- <sup>4</sup> Eva MORAVEC. "Texas officials: Hurricane Harvey death toll at 82, 'mass casualties have absolutely not happened'", *The Washington Post*, 14 septembre 2017. Disponible sur : [https://www.washingtonpost.com/national/texas-officials-hurricane-harvey-death-toll-at-82-mass-casualties-have-absolutely-not-happened/2017/09/14/bff3ffea-9975-11e7-87fc-c3f7ee4035c9\\_story.html?utm\\_term=.99aebcb280a5](https://www.washingtonpost.com/national/texas-officials-hurricane-harvey-death-toll-at-82-mass-casualties-have-absolutely-not-happened/2017/09/14/bff3ffea-9975-11e7-87fc-c3f7ee4035c9_story.html?utm_term=.99aebcb280a5)
- <sup>5</sup> DEPARTMENT OF ENERGY. "Hurricanes Maria, Irma and Harvey Situation Reports". Disponible sur : <https://energy.gov/oe/downloads/hurricanes-maria-irma-and-harvey-situation-reports>
- <sup>6</sup> "Harvey: Some operations restarting in Eagle Ford; refineries remain closed", *Oil & Gas Journal*, 29 août 2017. Disponible sur : <http://www.ogj.com/articles/2017/08/harvey-some-operations-restarting-in-eagle-ford-refineries-remain-closed.html>
- <sup>7</sup> Antoine HALFF. "From Katrina to Harvey: Storm Resilience in the Age of Shale", *SIPA*, 29 août 2017. Disponible sur : [http://energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/energy/From%20Katrina%20to%20Harvey\\_Storm%20Resilience%20in%20the%20Age%20of%20Shale.pdf](http://energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/energy/From%20Katrina%20to%20Harvey_Storm%20Resilience%20in%20the%20Age%20of%20Shale.pdf)
- <sup>8</sup> DEPARTMENT OF ENERGY. Op. cit.
- <sup>9</sup> Antoine HALFF. Op. cit.
- <sup>10</sup> AMERICAN AUTOMOBILE ASSOCIATION. "Gas Prices Trending Cheaper, 'Falling' Trend Expected to Continue", 25 septembre 2017. Disponible sur : <http://gasprices.aaa.com/gas-prices-trending-cheaper-falling-trend-expected-continue/>
- <sup>11</sup> US ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. "How much gasoline does the United States consume?", 29 mars 2017. Disponible sur : <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=23&t=10>
- <sup>12</sup> "Hurricane Harvey Recovery Statement Port Houston Chairman Janiece Longoria", 6 septembre 2017. Disponible sur : [http://porthouston.com/portweb/wp-content/uploads/2016/11/Post-Hurricane-Harvey-Statement\\_Port-Houston-Chairman-Janiece-Longoria.pdf](http://porthouston.com/portweb/wp-content/uploads/2016/11/Post-Hurricane-Harvey-Statement_Port-Houston-Chairman-Janiece-Longoria.pdf)
- <sup>13</sup> US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION. "Port Performance Freight Statistics Program - Annual Report to Congress 2016". Disponible sur : [https://www.rita.dot.gov/bts/sites/rita.dot.gov.bts/files/PPFS\\_Annual\\_Report.pdf](https://www.rita.dot.gov/bts/sites/rita.dot.gov.bts/files/PPFS_Annual_Report.pdf)
- <sup>14</sup> Peter CAMPBELL. "Some Volkswagen vehicle deliveries delayed by Houston port closure", *Financial Times*, 29 août 2017. Disponible sur : <https://www.ft.com/content/df3e5902-5287-3b22-9560-c1ad4cb36a51>
- <sup>15</sup> Andrea RUMBAUGH. "Ships, trains and trucks recovering from Harvey's havoc", *Houston Chronicle*, 22 septembre 2017. Disponible sur : <http://www.houstonchronicle.com/business/article/Transportation-rebounding-from-Harvey-s-havoc-12220592.php>
- <sup>16</sup> DEPARTMENT OF ENERGY. Op. cit.
- <sup>17</sup> Andrea RUMBAUGH. Op. cit.
- <sup>18</sup> Andrea RUMBAUGH. Op. cit.
- <sup>19</sup> Andrea RUMBAUGH. Op. cit.
- <sup>20</sup> Antoine HALFF. Op. cit.
- <sup>21</sup> Jeremy SINGER-VINE. "Analysis of Harvey-related TCEQ emissions reports — September update", *Buzzfeed News*. Disponible sur : <https://github.com/BuzzFeedNews/2017-09-harvey-emissions-update>
- <sup>22</sup> Jordan BLUM et alii. "Magellan gasoline leak is biggest known spill of Harvey aftermath", *Houston Chronicle*, 11 septembre 2017. Disponible sur : <http://www.chron.com/business/energy/article/Magellan-leak-spills-into-Houston-Ship-Channel-12189833.php>
- <sup>23</sup> Courtney WEAVER. "Chemical plant fire adds to medical risks after Harvey", *Financial Times*, 1er septembre 2017. Disponible sur : <https://www.ft.com/content/19f2ec96-8f34-11e7-a352-e46f43c5825d>
- <sup>24</sup> Jason DEAREN et Michael BIESECKER. "AP EXCLUSIVE: Toxic waste sites flooded in Houston area", *AP*, 3 septembre 2017. Disponible sur : <https://www.apnews.com/27796dd13b9549b0ac76aded58a15122>
- <sup>25</sup> Rory CARROLL et Tom DART. "Houston residents begin 'massive' cleanup as Harvey death toll hits 45", *The Guardian*, 1 septembre 2017. Disponible sur : <https://www.theguardian.com/us-news/2017/sep/01/hurricane-harvey-death-toll-rises-houston-residents-return>
- <sup>26</sup> FEMA. "Residential NFIP Insurance Penetration Rates - August 2016" [en ligne]. Disponible sur : <https://fema.maps.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=3d76edf9bd0642109b60ffacead76fd>
- <sup>27</sup> UNION OF CONCERNED SCIENTISTS. "Overwhelming Risk: Rethinking Flood Insurance in a World of Rising Seas", août 2013. Disponible sur : [http://www.ucsusa.org/global\\_warming/science\\_and\\_impacts/impacts/flood-insurance-sea-level-rise.html](http://www.ucsusa.org/global_warming/science_and_impacts/impacts/flood-insurance-sea-level-rise.html)
- <sup>28</sup> Jeffrey S. PASSEL et D'Vera COHN. "20 metro areas are home to six-in-ten unauthorized immigrants in U.S.", *Pew Research Center*, 9 février 2017. Disponible sur : <http://www.pewresearch.org/fact-tank/2017/02/09/us-metro-areas-unauthorized-immigrants/>
- <sup>29</sup> Laurel E. FLETCHER et alii. "Latino Workers and Human Rights in the Aftermath of Hurricane Katrina", *Berkeley Law*, 1 janvier 2007. Disponible en ligne : <http://scholarship.law.berkeley.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1638&context=facpubs>
- <sup>30</sup> Michael E. MANN et alii. "Influence of Anthropogenic Climate Change on Planetary Wave Resonance and Extreme Weather Events", *Nature*, 27 mars 2017. Disponible sur : <https://www.nature.com/articles/srep45242>
- <sup>31</sup> Bastien ALEX et François GEMENNE. "Impacts du changement climatique sur les flux migratoires à l'horizon 2030", *DGRIS*, mai 2016. Disponible sur : <http://www.iris-france.org/wp-content/uploads/2016/09/2016-mai-Etude-Impact-du-changement-climatique-sur-les-flux-migratoires-%C3%A0-lhorizon-2030.pdf>