

# Modélisation de la capacité de la chaîne d'approvisionnement en carburant

30 novembre 2023 Réunion  
du cluster logistique mondial

Jarrold Goentzel, MIT



**MIT** Humanitarian  
Supply Chain Lab

<https://humanitarian.mit.edu>



**MIT** Center for  
Transportation & Logistics

<https://ctl.mit.edu>

# Motivation

- Le carburant est essentiel en cas d'urgence
  - Permettre la mobilité des survivants
  - Fournir une alimentation électrique temporaire
  - Transport de biens de première nécessité
- L'augmentation de la demande, combinée aux dommages subis par les infrastructures, entraîne une pénurie et de longues files d'attente.



## 'The whole system imploded': How Ida crippled Louisiana's gasoline distribution

BY SAM KARLIN | STAFF WRITER SEP 1, 2021 - 5:58 PM



People wait in line for gas at the Triangle Deli in the Gentilly neighborhood of New Orleans, Tuesday, Aug. 31, 2021. (Staff photo by David Grunfeld, NOLA.com | The Times-Picayune | The New Orleans Advocate)

PHOTO BY DAVID GRUNFELD DIRECTOR OF PHOTOGRAPHY

THE WALL STREET JOURNAL

WORLD | EUROPE | U.K.

## Panic Buying in U.K. Creates Shortages at Gas Stations

British government keeps soldiers on standby to deliver fuel supplies if necessary



Drivers lined up for fuel in London on Saturday.

PHOTO: DOMINIC LIPINSKI/PA WIRE/ZUMA PRESS

By [Max Colchester](#)

Sept. 27, 2021 9:40 am ET





# Motivation

Lors de l'ouragan Irma, les camions-citernes ont fait la queue pendant quatre heures pour accéder aux réservoirs de carburant.

Source : Département des transports de Floride. (Janvier 2018). *Effets de l'ouragan Irma sur le système de distribution de carburant de la Floride et améliorations recommandées*. Tiré de [http://www.fdot.gov/info/CO/news/newsreleases/020118\\_FDOT-Fuel-Report.pdf](http://www.fdot.gov/info/CO/news/newsreleases/020118_FDOT-Fuel-Report.pdf).

*Pourquoi des files d'attente se forment-elles aux postes de ravitaillement en carburant ?*



Port Canaveral

@PortCanaveral

Follow

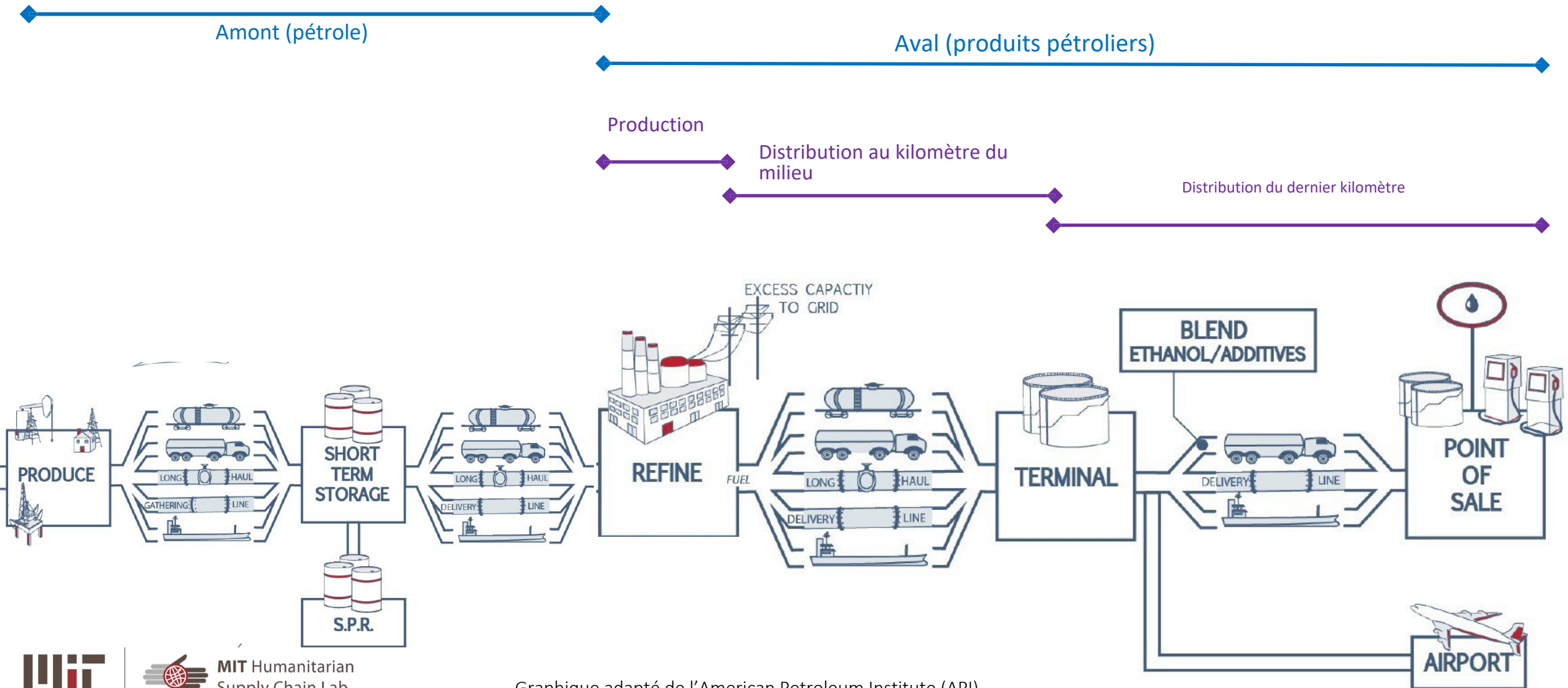


Over 750 tankers loaded and rolling with fuel across Florida from Seaport Canaveral in last 48 hours.

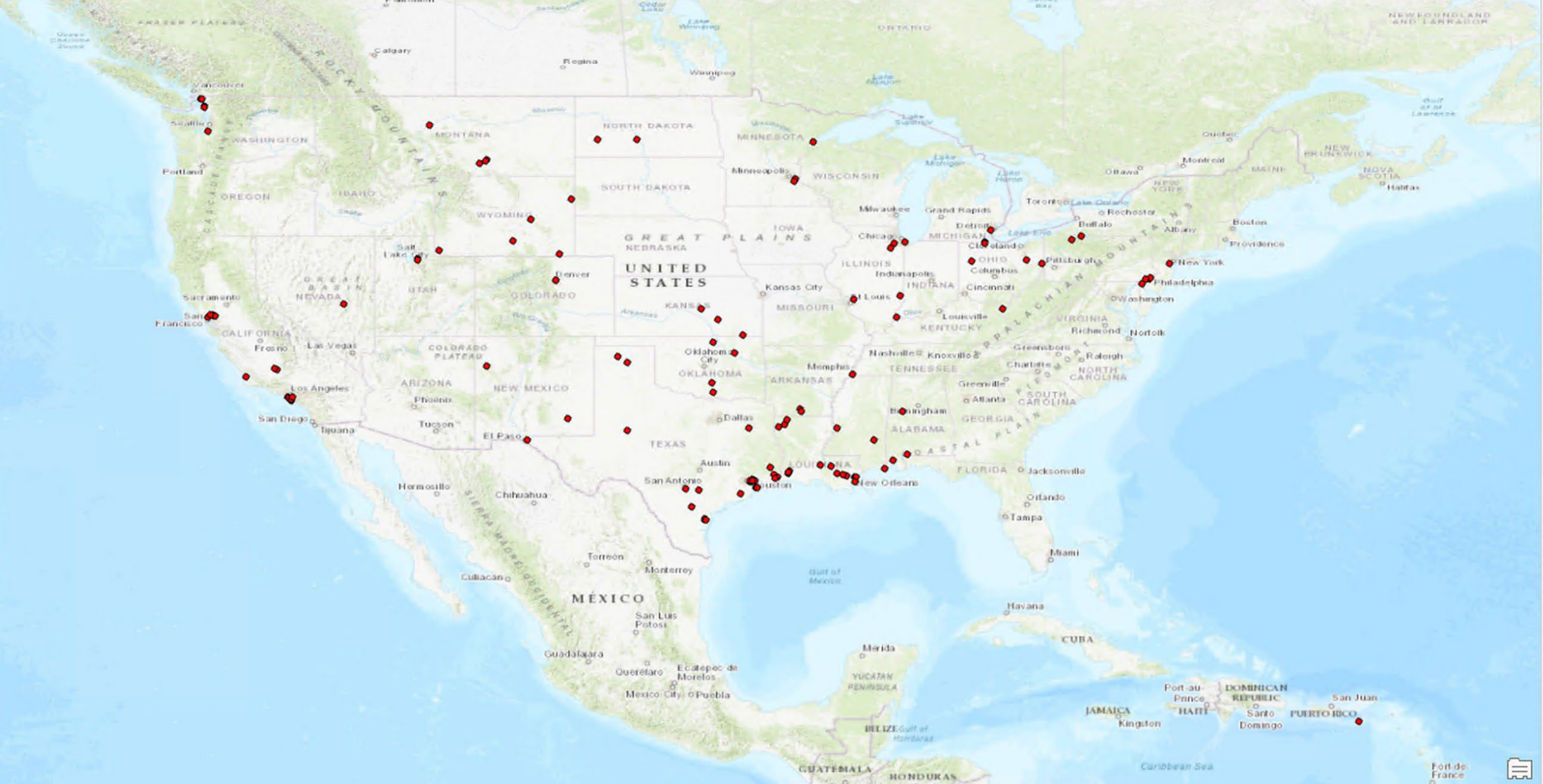


4:15 PM - 14 Sep 2017

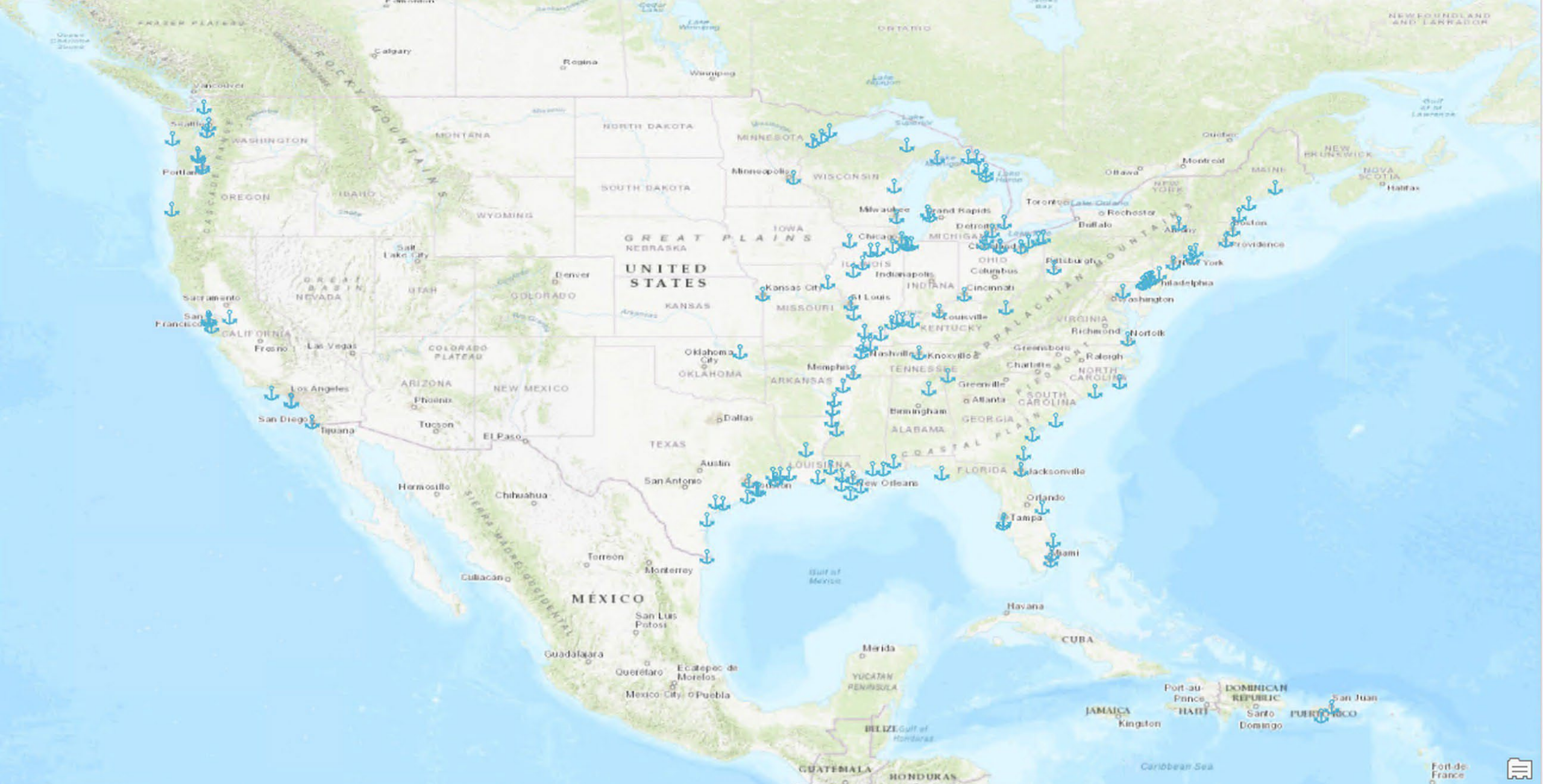
# Chaîne d'approvisionnement en carburant



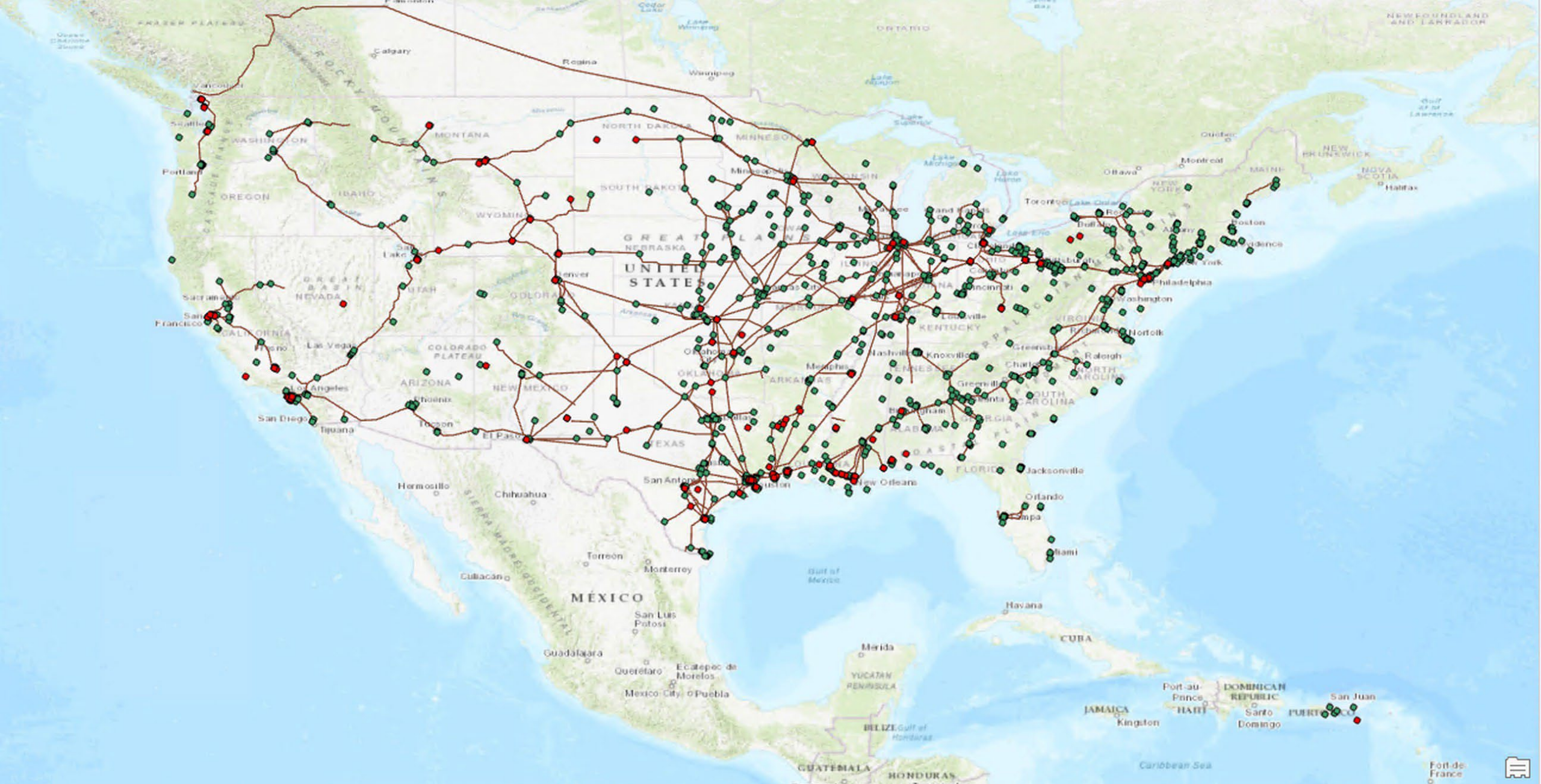






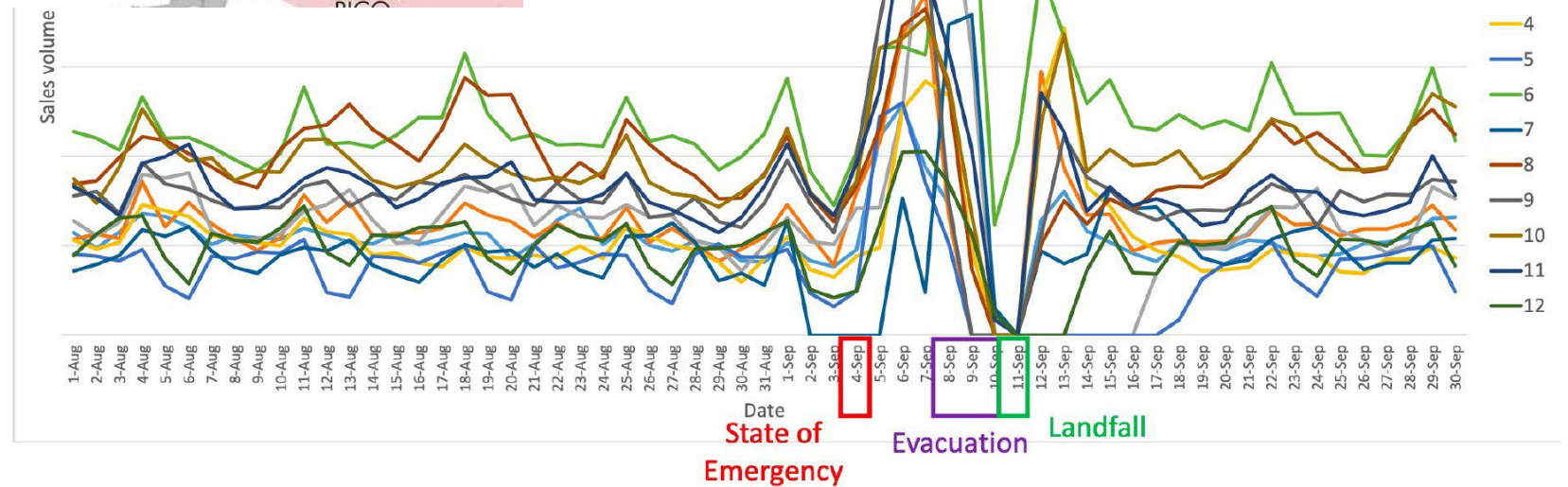
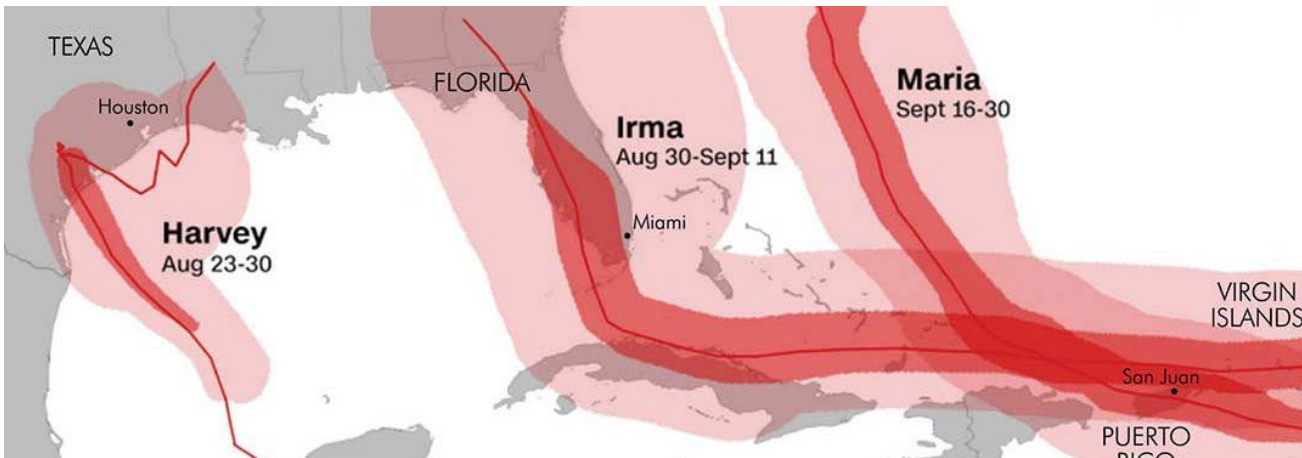








# Que s'est-il passé pendant l'ouragan Irma ?



Source : MIT Humanitarian Supply Chain Lab, MIT Center for Transportation & Logistics. (2019).

*Chaînes d'approvisionnement en cas de catastrophe : Passer de la connaissance de la situation à l'analyse actionnable.*

Cambridge :

LAM : Boutilier, J., Goentzel, J. et Windle, M.

<http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/127186>

Figure 13: Regular fuel sales volume for 12 retailer locations in Florida during August and September 2017. Source: Retailer(s), MIT analysis.



# Pas de problème d'approvisionnement

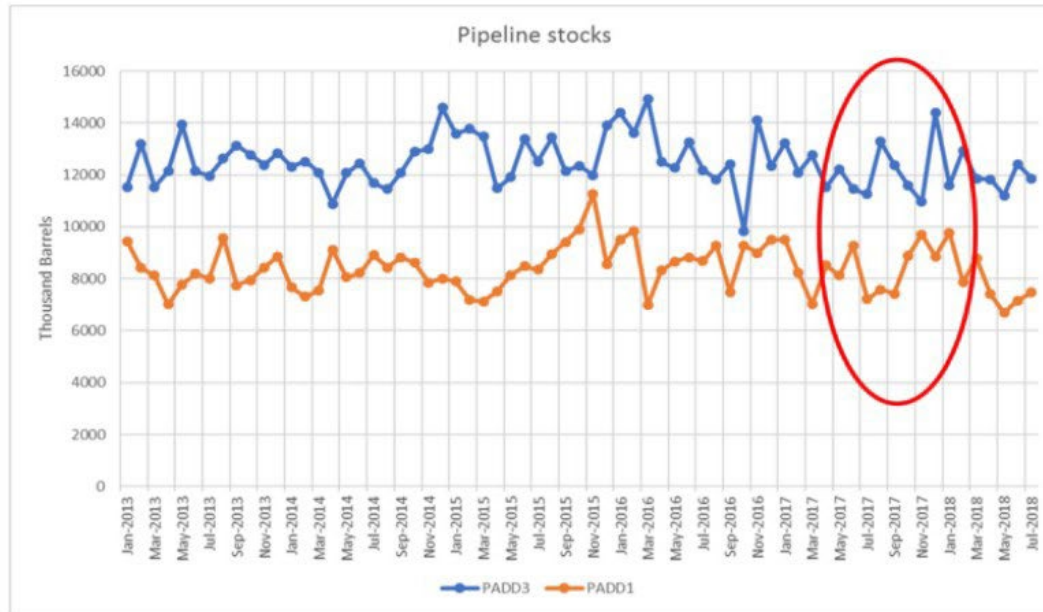


Figure 10: Aggregate pipeline stocks in PADD1 and PADD3. Source: EIA.

Source : MIT Humanitarian Supply Chain Lab, MIT Center for Transportation & Logistics. (2019). *Chaînes d'approvisionnement en cas de catastrophe : Passer de la connaissance de la situation à l'analyse actionnable*. Cambridge, MA : Boutilier, J., Goentzel, J., & Windle, M. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/127186>

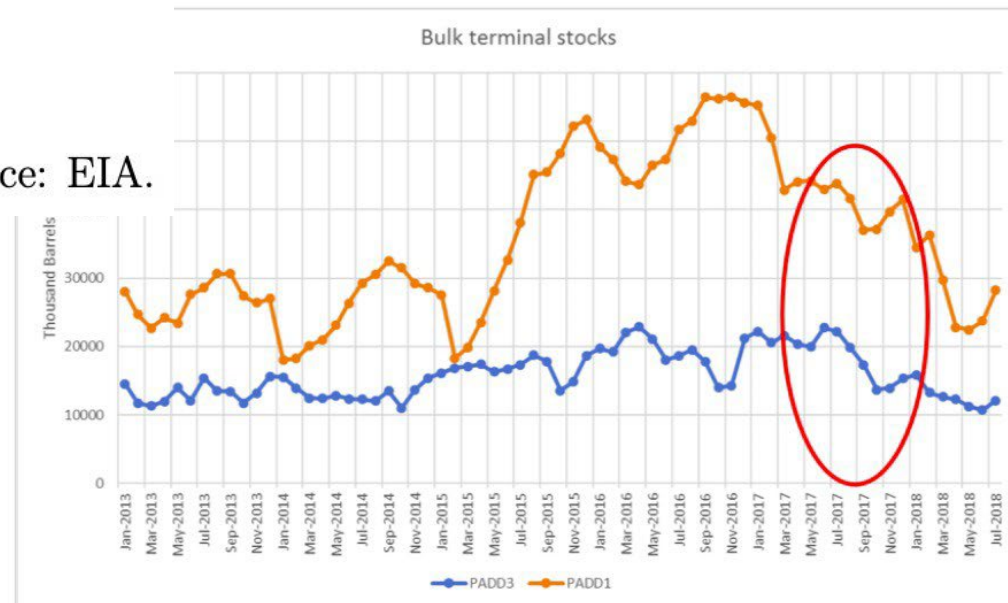
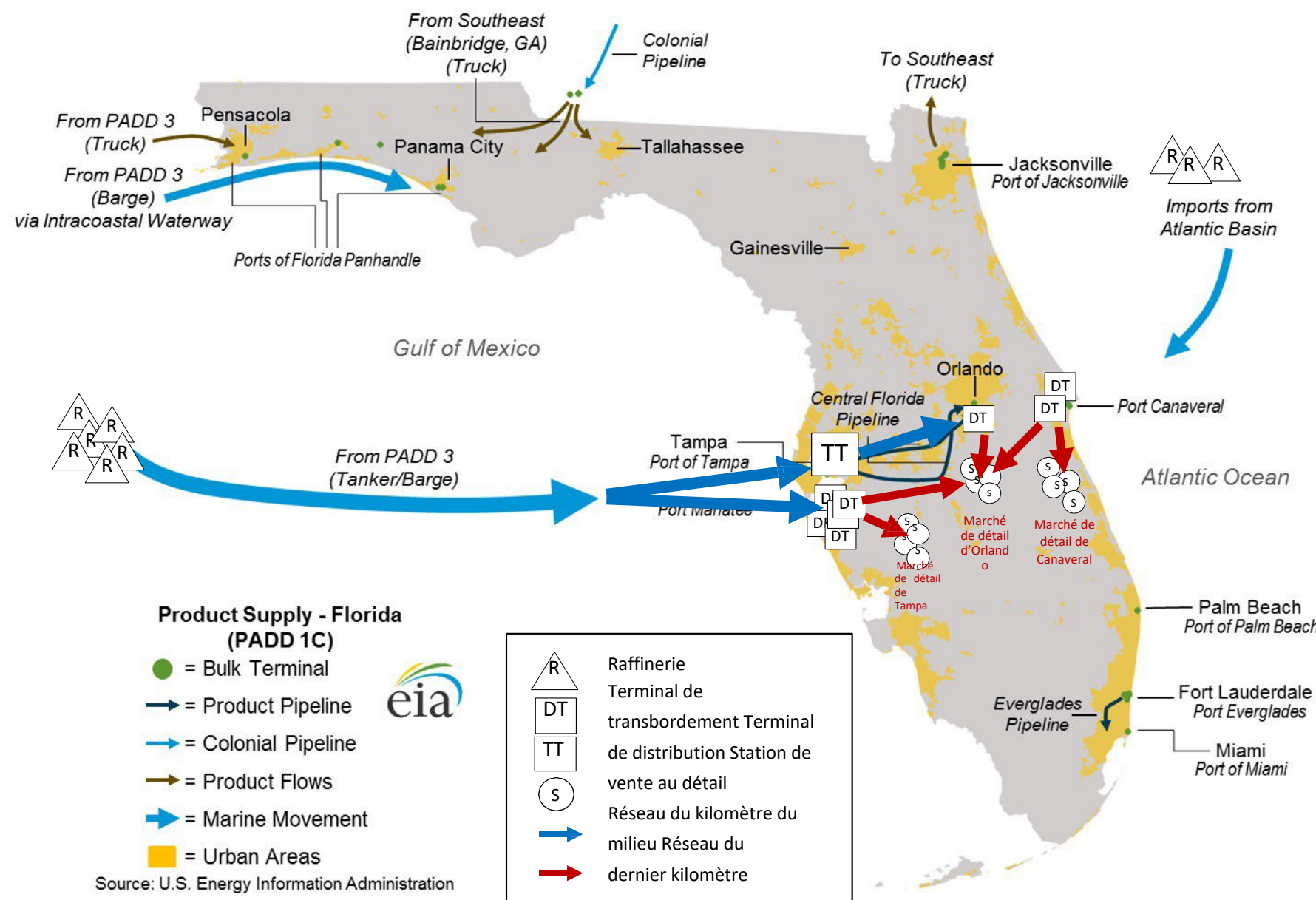


Figure 11: Aggregate bulk terminal stocks in PADD1 and PADD3. Source: EIA.

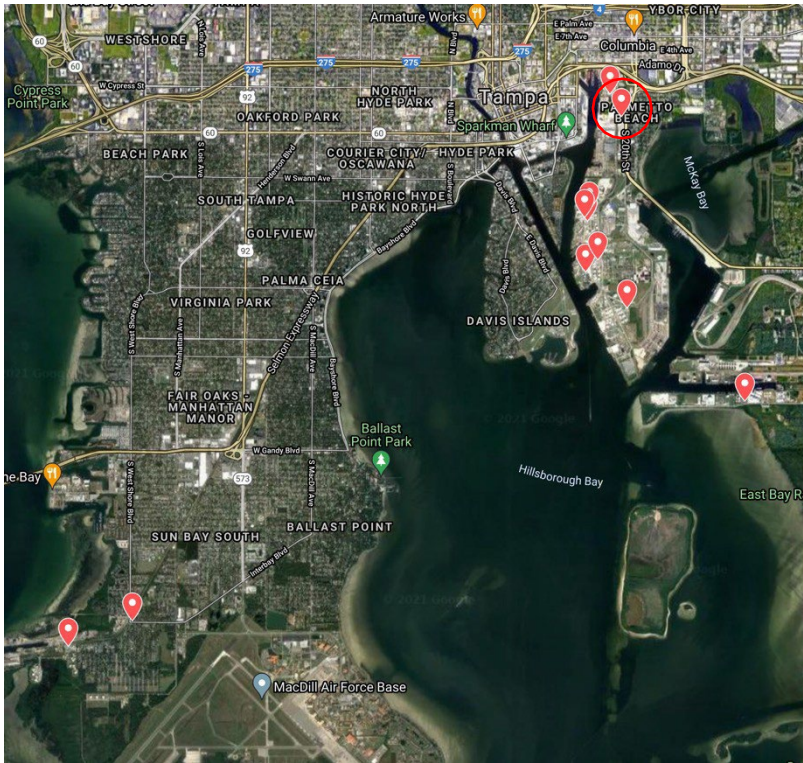
# Analyse des goulets d'étranglement de la distribution



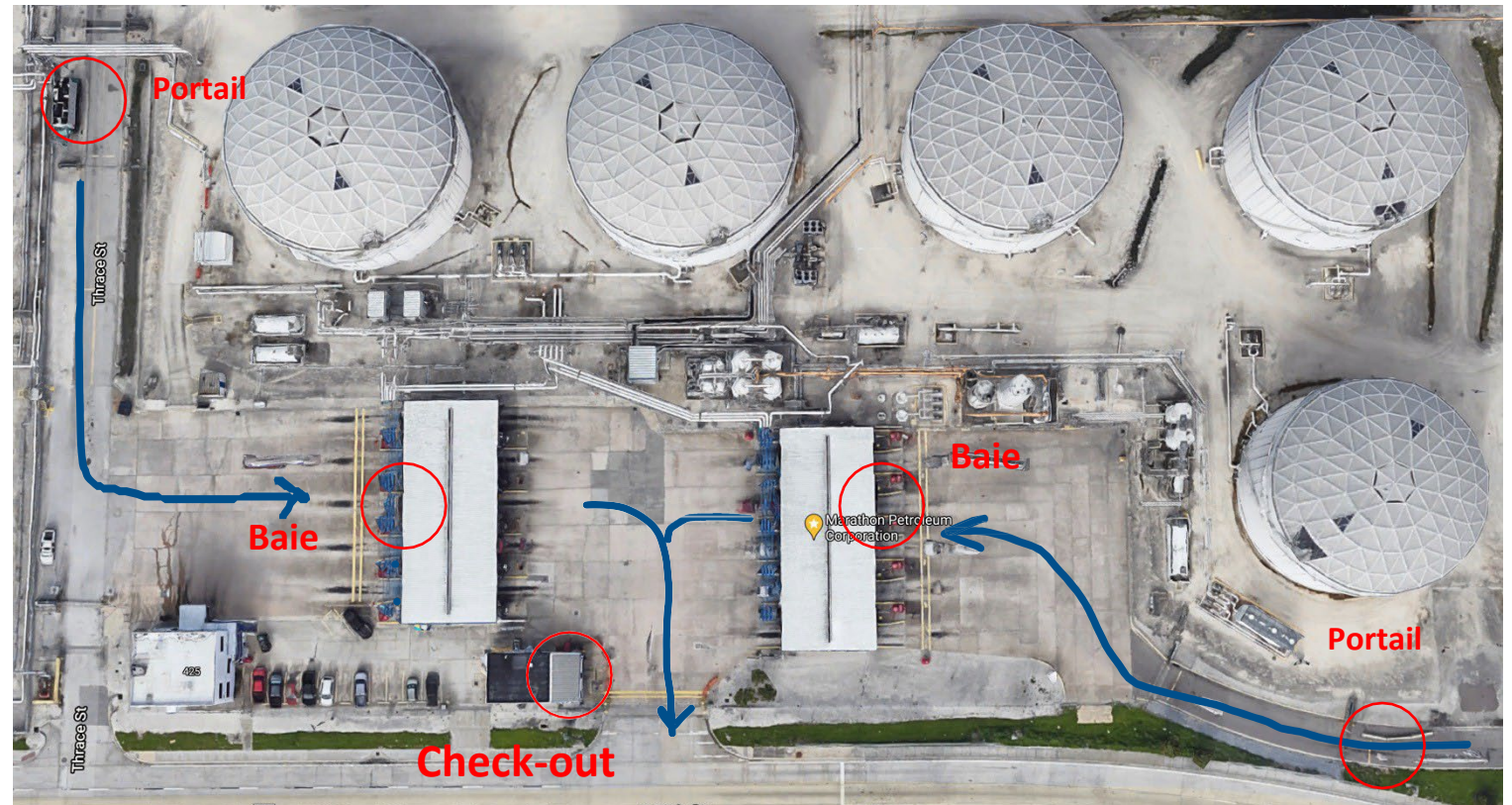


# Analyser plus en détail les goulets d'étranglement de la distribution

Groupement de terminaux



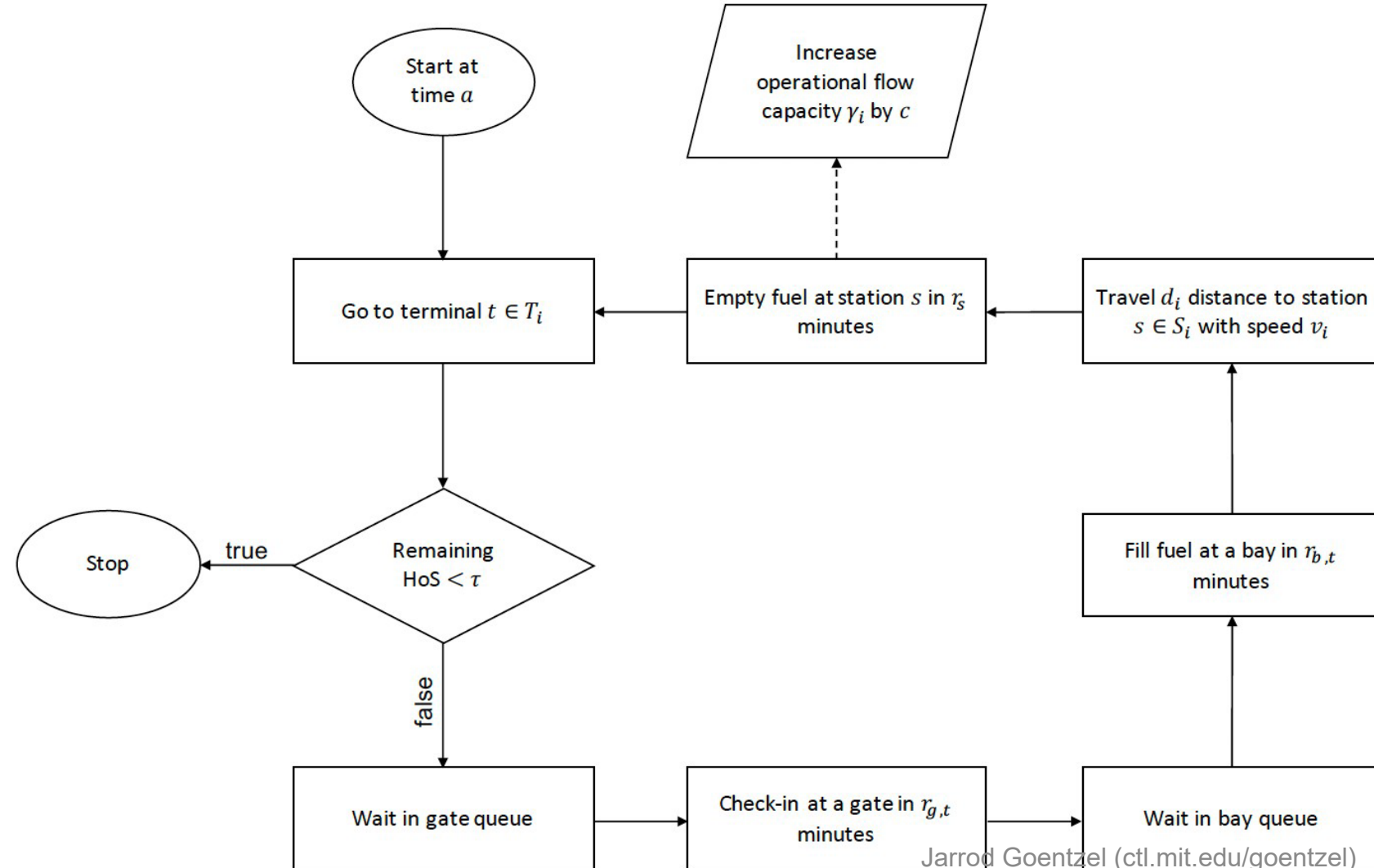
Terminal



# Création d'un modèle de simulation à événements discrets

| Parameter | Description                          |
|-----------|--------------------------------------|
| $n_g$     | Number of check-in gates             |
| $n_b$     | Number of fuel fueling bays          |
| $d$       | Station distance in miles            |
| $S$       | Set of stations                      |
| $m$       | Number of parking spaces             |
| $a$       | Start time for trucks in hour of day |
| $\tau$    | Stopping criteria for trucks in mins |
| $c$       | Capacity of trucks in gallons        |
| $h$       | Hours of service of drivers          |
| $r_s$     | Time taken at stations in mins       |
| $r_g$     | Time taken at terminal gates in mins |
| $r_b$     | Time taken at terminal bays in mins  |
| $v$       | Speed of trucks in miles/hr          |
| $f$       | Fleet size                           |

Figure 2 Flow chart of the process cycle of a truck serving terminal group  $i$ .

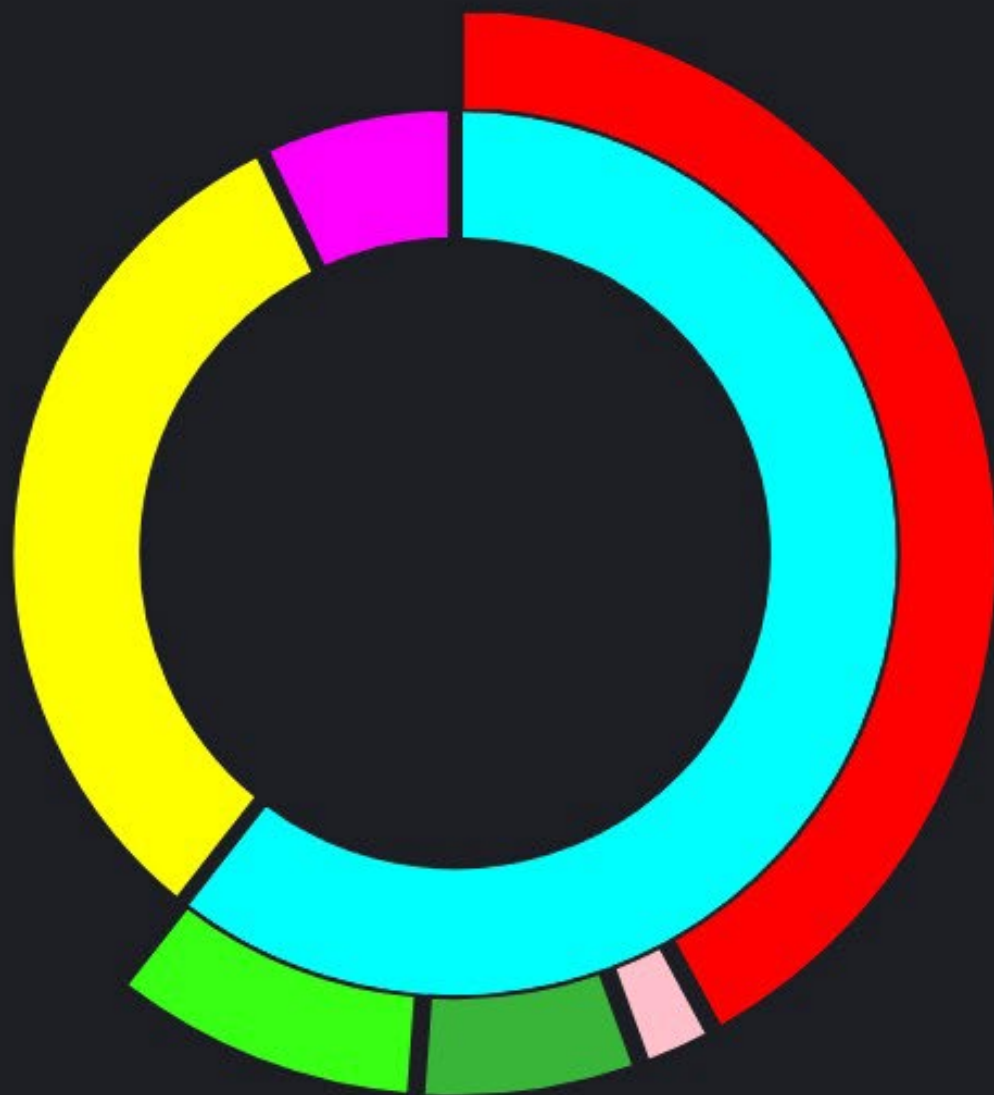




# Création d'un modèle de simulation à événements discrets

## System Results

TRUCK USE AND DEMAND SUMMARY



### LEGEND

- Closed
- Driving
- Station
- Terminal
- Terminal - Waiting for Gate to Open
- Terminal - In Gate Queue
- Terminal - At Gate
- Terminal - Waiting for Bay to Open
- Terminal - In Bay Queue
- Terminal - Filling Truck





# Profil de 43 leviers des secteurs public et privé pour accroître l'approvisionnement en carburant

Segment de la chaîne d'approvisionnement  
Sous-classifications des leviers

|              |                               |                       |
|--------------|-------------------------------|-----------------------|
| Fourniture   | Réserves nationales           | Population            |
|              |                               | Privé                 |
|              | Réserves internationales      |                       |
|              | Marchés publics               | Cotes de priorité     |
|              |                               | Contrats d'urgence    |
|              | Augmentation de la production |                       |
| Demande      | Limitation de la demande      | Long terme            |
|              |                               | Court terme           |
|              | Changement de combustible     | Long terme            |
|              |                               | Court terme           |
| Distribution | Kilomètre du milieu           | Augmenter le débit    |
|              |                               | Augmenter la capacité |
|              | Dernier kilomètre             | Augmenter le débit    |
|              |                               | Augmenter la capacité |

## 43 leviers identifiés

Des données ont été recueillies sur chaque levier en fonction de plusieurs attributs, notamment

- Le contexte
- L'utilisation historique
- Impact
- Limites :
- Type - opérationnel ou habilitant





# Profil de 43 leviers des secteurs public et privé pour accroître l’approvisionnement en carburant des États-Unis

## 5 Appendix A: Policy and Operational Levers

This section includes summaries of 43 policy and/or operational levers that government and private sector actors in the fuel supply chain can pull.

### 5.1 Lever Attributes

The table below includes descriptions of each of the attributes the levers were evaluated on in the ‘Lever Summaries’ section.

| Attribute               | Description                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Actor                   | Decision maker. Who “pulls” the lever?                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Background              | Relevant information about the lever, the challenge in the system it aims to solve, or reasoning for including it                                                                                                                                                                                                                                 |
| Standard requirements   | What are the baseline requirements (with no lever). This is most appropriate for levers that are waivers of existing regulations.                                                                                                                                                                                                                 |
| Action                  | Action that the actor takes and/or process for activating/initiating the lever                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Historic Use            | Data on past use of this lever (where possible)                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Time Horizon            | Short term (emergency, can be initiated in a matter of days to a couple of weeks following a disruption)<br>Long term (preparedness)                                                                                                                                                                                                              |
| Impact                  | Impact of “pulling” the lever. Described in one of three ways, either (a) quantitative estimate of the lever’s impact on fuel flow at a node or through the system, based on model or simulation, (b) quantitative “back of the envelope” estimate, or (c) description of data needed and how the impact could be assessed if data were available |
| Limitations/caveats     | Limitations to the lever’s use, or caveats to consider                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Political consideration | Does the lever carry “political weight” or demonstrate government action                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Enabling/Operational    | Is the lever enabling another actor (usually Private sector) to operate (e.g., waiver) or is the lever actor operating (e.g., activating a bulk fuel contract)                                                                                                                                                                                    |
| Source(s)               | Include link to source or reference for information included. Note: in many cases, hyperlinks are included throughout the lever summary.                                                                                                                                                                                                          |

### 5.2 Lever Summaries

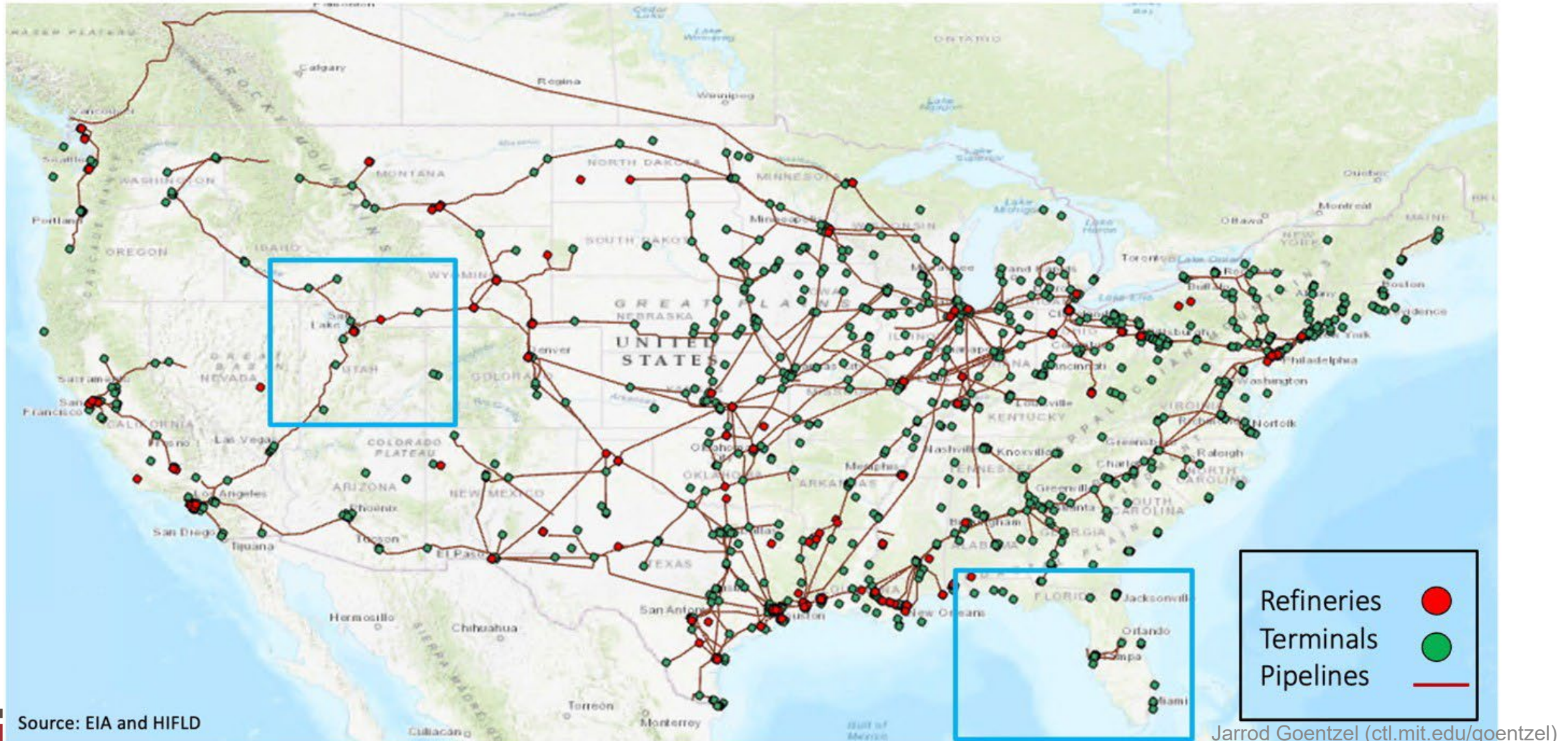
Below are summaries of the 43 levers assessed. This list is not meant to be exhaustive, but represents a broad range of levers available to public and private sector actors in the fuel supply chain.

#### 1. Interstate Hours of Service Waiver

| Attribute               | Description                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Actor                   | DOT – Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Background              | Hours of service apply to drivers of commercial motor vehicles. Interstate commerce refers to the transfer of goods, services, people across state borders.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Standard requirements   | <u>Set by the FMCSA</u> , including: <ul style="list-style-type: none"><li>• 11 Hour Drive Limit: 11 hours max drive time after 10 consecutive hours off duty</li><li>• 14 Hour Rule: 14-hour window – may not drive beyond 14<sup>th</sup> hour after coming on duty</li><li>• 30 min breaks after 8 hours of driving</li><li>• 70 Hour Rule: 70 hours in 8 days, or 60 hours in 7 days is the total time spent driving and on-duty</li><li>• 34 Hour Restart: After 60 hours in 7 days or 70 hours in 8 days driver must be off duty 34 hours to drive again</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Action                  | FMCSA can waive the interstate hours of service restrictions. Regional waivers are more impactful, as they give flexibility to, for example, allow trucks to refuel in another state and travel in to an affected area.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Historic Use            | <u>May 9 Emergency Declaration related to Colonial Pipeline system</u> : Granted relief from Parts 390 through 399 of Title 49 Code (Part 395 is related to waiver of hours of service limits) for those carriers providing direct assistance transporting gasoline, diesel, jet fuel, and other refined petroleum products into the Affected States, and was <u>subsequently modified</u> May 12 to include additional states. The declaration <u>was expanded May 26</u> for those carriers providing direct assistance hauling medical supplies, food, paper products, raw materials related to the national emergency.<br><br><i>This is an example of recent use; however, these waivers are frequently granted following natural disasters, including hurricanes, prolonged cold weather, etc. <u>FMCSA maintains records of current and past waivers</u>.</i> |
| Time Horizon            | Short-term                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Impact                  | Based on Florida and Utah models and assumptions, hours of service waivers increase surge capacity 49% to 67% over normal operations by allowing trucks to complete more trips per day.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Limitations/caveats     | Emergency declaration should include items/identify elements NOT being granted emergency relief like the May 26, 2021 COVID Emergency Declarations (i.e., carriers not requiring fatigued drivers that request rest to continue to operate). Drivers still need appropriate rest for safety, and drivers (or their employers) may not be willing or able to work an extreme number of hours.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Political consideration | Yes, demonstrates Federal action                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Enabling/Operational    | Enabling                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Source(s)               | Links included above                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

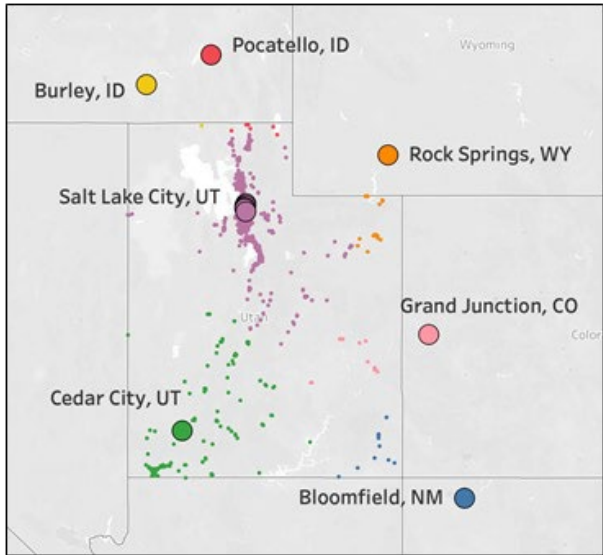
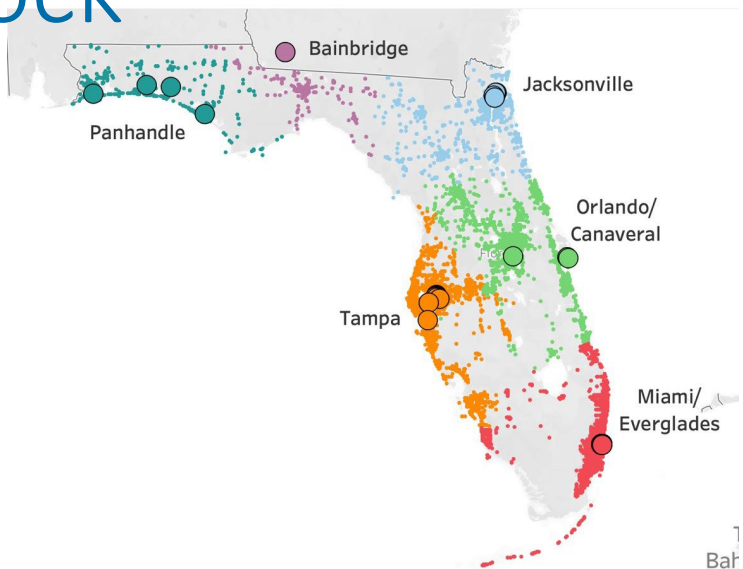


# Études de cas

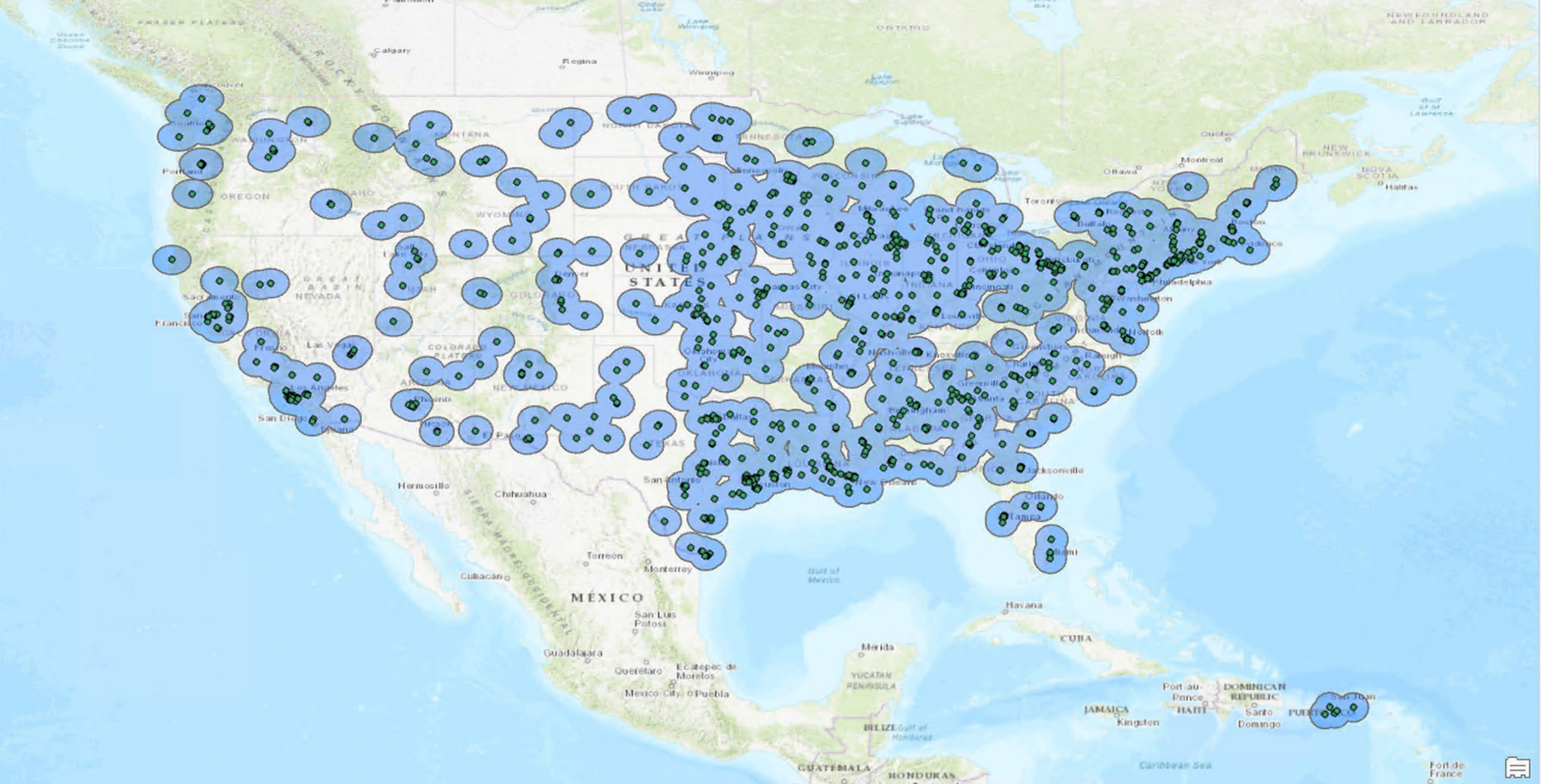




# Capacité d’appoint pour le dernier kilomètre si les terminaux ont du stock



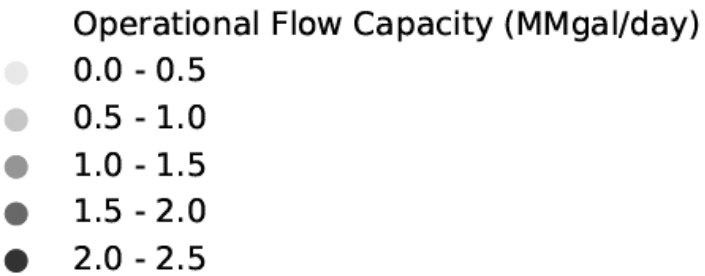
| Lever Status |          |        |            |                  | Simulation Results - Surge Capacity |             |            |           |
|--------------|----------|--------|------------|------------------|-------------------------------------|-------------|------------|-----------|
| Gate Rate    | Bay Rate | Speed  | Fleet Size | Hours of Service | FL Nominal                          | FL No Tampa | UT Nominal | UT No SLC |
| Normal       | Normal   | Normal | Normal     | Normal           | 136%                                |             |            |           |
| Normal       | Normal   | Normal | Normal     | High             | 186%                                |             |            |           |
| High         | High     | High   | High       | High             | 247%                                |             |            |           |



Zone tampon bleue de 50 miles autour des terminaux.



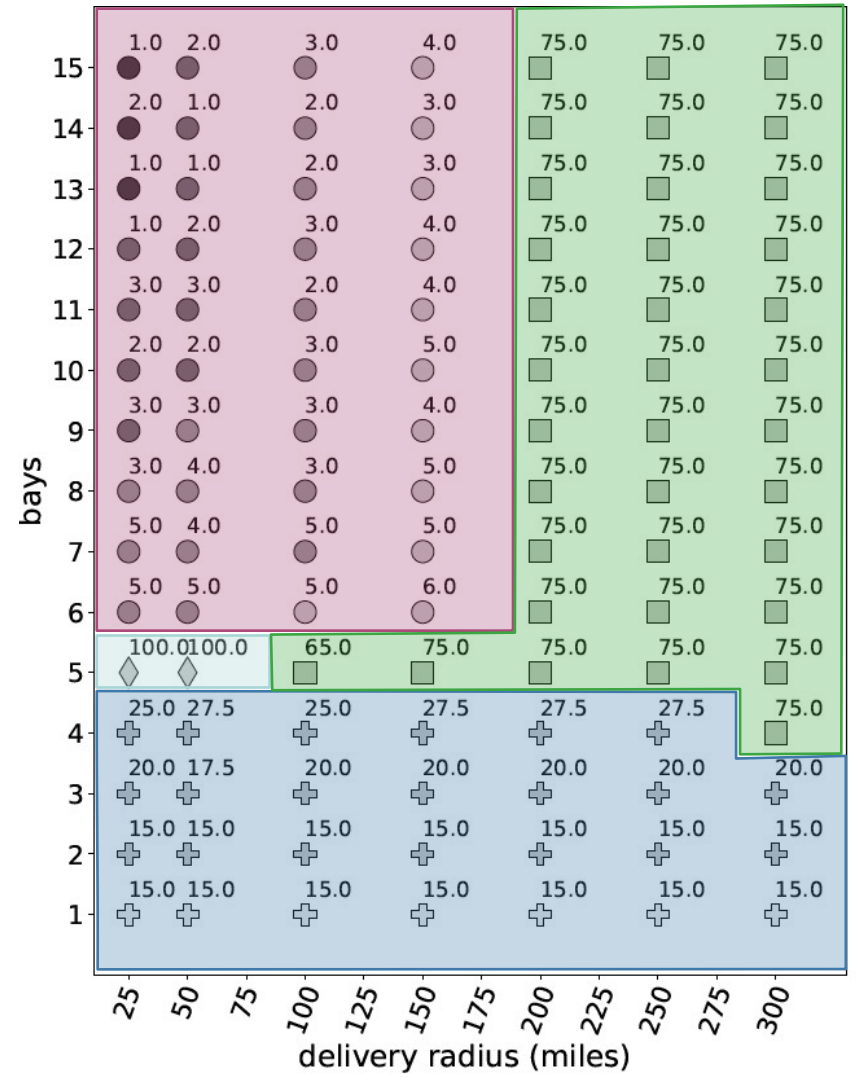
# Guidage du levier par type de terminal



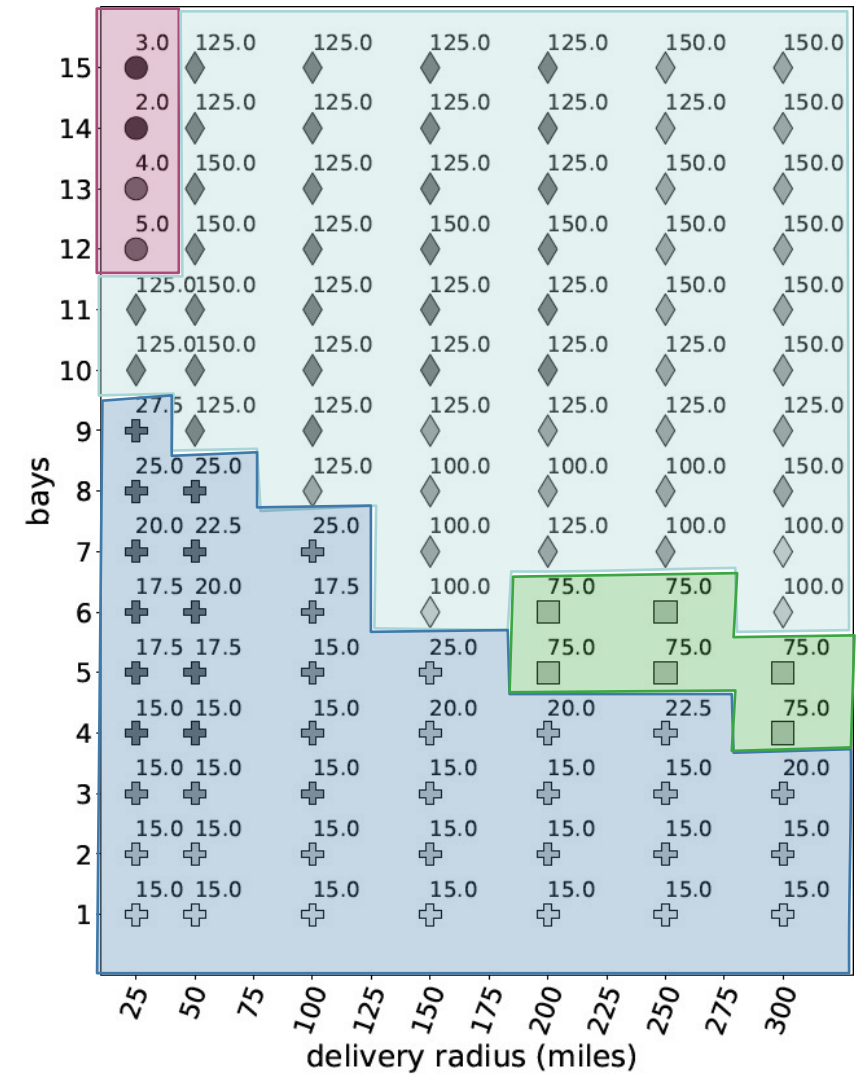
Valeurs de référence

|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| Durée d'arrivée             | 60 min.      |
| Durée de stationnement      | 38,5 min.    |
| Vitesse du camion           | 49,5 miles/h |
| Taille du parc de véhicules | 50 camions   |

MIT Humanitarian Supply Chain Lab



(a) 1 gates

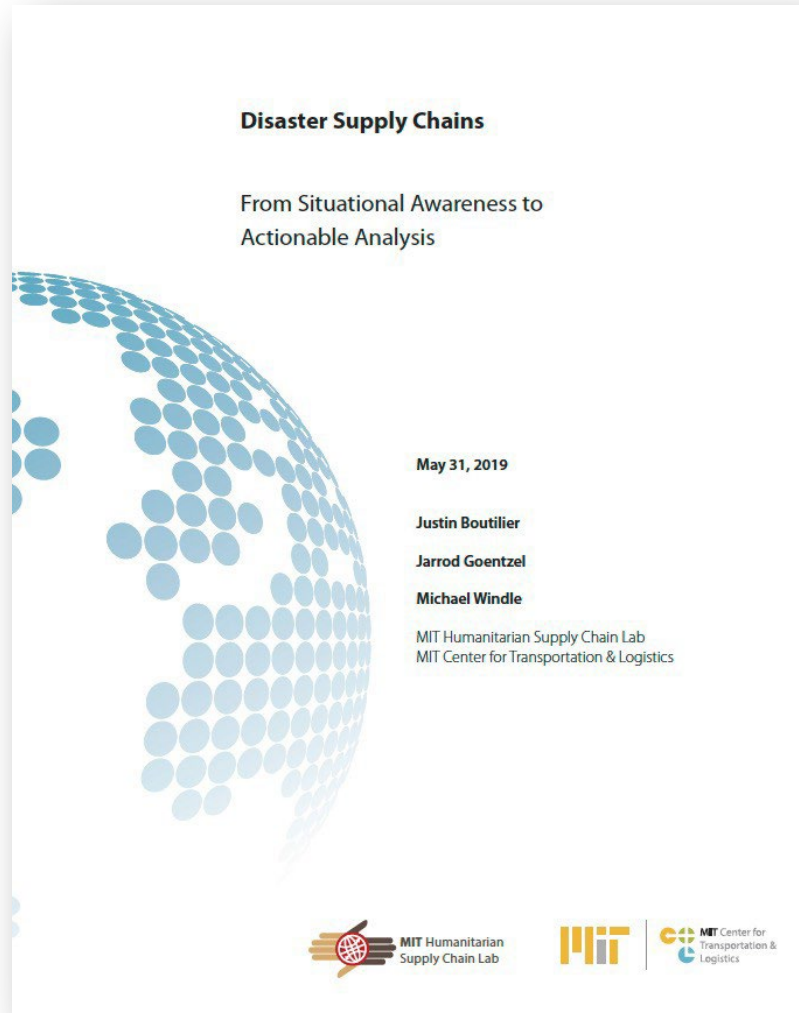


(b) 2 gates

Jarrod Goentzel (ctl.mit.edu/goentzel)

# Pour plus d'informations

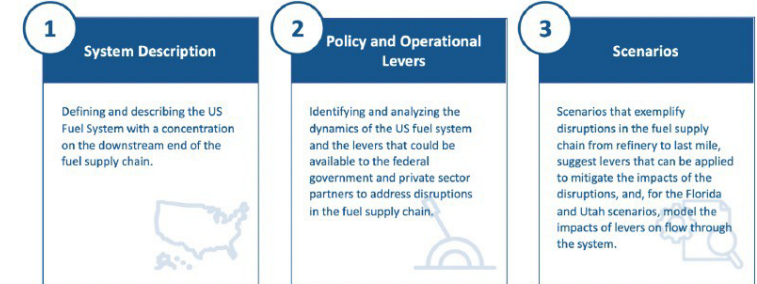
Prochainement : Rana, S., Russell, T., Boutilier, J., et Goentzel, J. « Modeling Operational Flow Capacity and Evaluating Disaster Interventions for Downstream Fuel Distribution » *Production and Operations Management* est en train d'être légèrement modifié.



This document presents a summary of the National Fuel Ecosystem Assessment ("the study") performed by the Supply Chain Analysis Network (SCAN). SCAN is a team of supply chain subject matter experts, including the MIT Humanitarian Supply Chain Lab, that supports FEMA with real-time analysis in the event of disasters or other supply chain disruptions, and systemic analysis during non-disaster times.

## Summary of work

The study focused on the US Fuel Ecosystem, specifically diesel and gasoline networks in the **downstream** segments of the fuel supply chain: from **refinery-to-terminal ("middle mile")** and **terminal-to-customer ("last mile")**. The Department of Energy, the Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, and others closely monitor the upstream and midstream segments of the supply chain, and those segments – particularly refining capacity – have shown to be remarkably resilient during major disasters. Issues often arise in the downstream segments of the supply chain. The study included three sections, which built on each other:



**System Description:** The last mile is similar across most geographies – tanker trucks haul fuel locally from terminals to retail fuel stations or commercial tanks at facilities like hospitals. The study highlighted that the structure of middle mile

| Mode of Transportation       | Fuel Transportation Capacity |
|------------------------------|------------------------------|
| Small tanker truck "bobtail" | 3,500 gallons                |
| Large tanker truck           | 9,100 gallons                |
| Railroad tanker              | 30,000 gallons               |
| Medium-range tanker ship     | 8-15 million gallons         |
| Long-range tanker ship       | 15-26 million gallons        |
| Colonial Pipeline            | 105 million gallons per day  |

distribution in a given geography is key to understanding how the fuel system can respond to a disruption. For example, in areas where the supply chain is optimized around a middle mile pipeline and not near port facilities that are equipped to handle fuel tankers, tanker trucks do not have the capacity to replace pipeline flow. Replacing the flow of the Colonial pipeline would require 11,500 large tanker trucks each day. On the other hand, areas that are near both

Source : MIT Humanitarian Supply Chain Lab, MIT Center for Transportation & Logistics. (2019). *Disaster Supply Chains: Moving from Situational Awareness to Actionable Analysis*. Cambridge, MA : Boutilier, J., Goentzel, J., & Windle, M. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/127186>

<https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/126769>

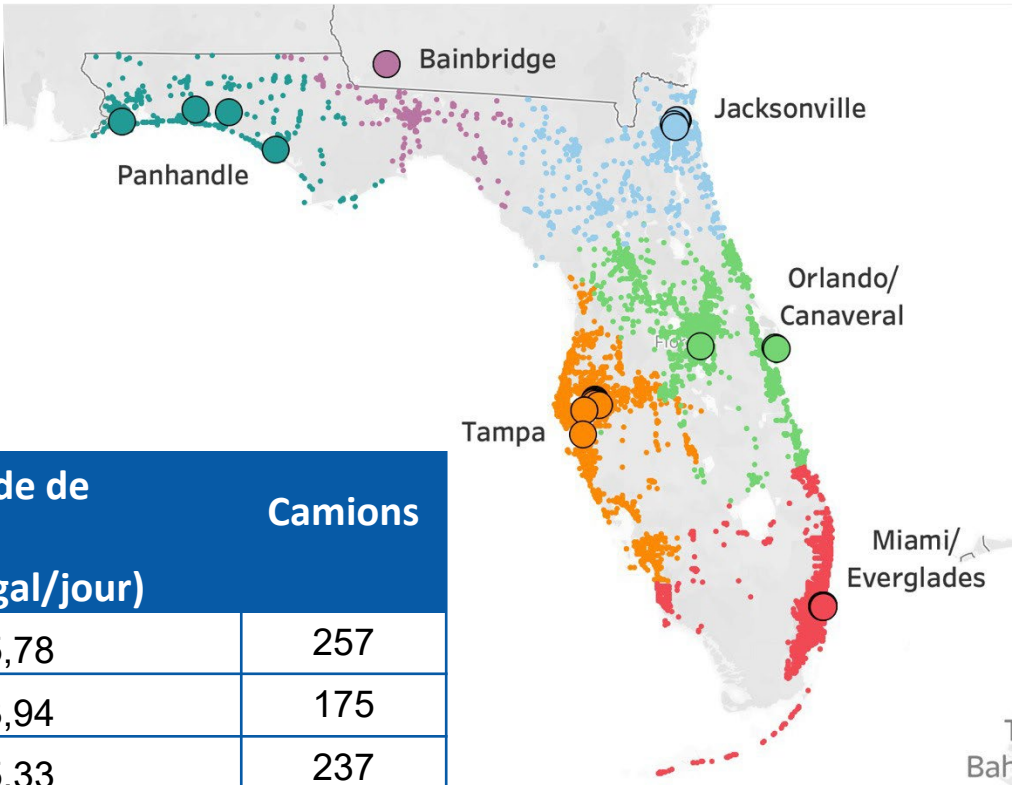


Diapositives  
de sauvegarde

# Floride : Capacité d'augmentation + ouragan de Tampa

La fréquence des ouragans en Floride rend le réseau de distribution d'essence en aval vulnérable aux hausses de la demande et aux contraintes de capacité. Nous avons mesuré sa capacité à répondre à une forte demande et les effets de ces leviers pour améliorer le service. En outre, nous avons inclus une analyse dans laquelle Port Tampa est mis hors ligne afin d'étudier les impacts systémiques d'un tel résultat.

Last Mile Service Network for Florida



| Leviers                     | ICP                        |
|-----------------------------|----------------------------|
| Taux de passage             | Capacité d'augmentation    |
| Taux de stationnement       | Temps d'attente à l'entrée |
| Vitesse du camion           | Durée du trajet            |
| Taille du parc de véhicules | Voyages / jour             |
| Heures de service           |                            |

| Groupe            | Demande de base (MMgal/jour) | Camions |
|-------------------|------------------------------|---------|
| Tampa             | 5,78                         | 257     |
| Panhandle         | 3,94                         | 175     |
| Orlando/Canaveral | 5,33                         | 237     |
| Miami             | 4,87                         | 216     |
| Jacksonville      | 2,15                         | 96      |
| Bainbridge        | 1,22                         | 54      |
| Total             | 23,29                        | 1 035   |



# Floride : Leviers du transport > leviers du terminal ; les OHS sont cruciaux

- Système nominal
- | Pas Tampa
- Le système répond à une demande de pointe supérieure de 36 % à la demande de base (conditions normales).
  - Pendant les tempêtes, le système fonctionne moins bien et peut répondre à une demande à peine supérieure au niveau de base.
  - Les heures de service sont les plus efficaces, augmentant la capacité de pointe pour atteindre 85,66 % par rapport au niveau de référence.
  - La combinaison des leviers permet au système de satisfaire plus du double de la demande d'utilisation finale.
  - Avec l'interdiction à Tampa, les terminaux d'Orlando fournissent 99 % des stations de Tampa.
  - Lorsque Tampa est fermé, le système de l'État ne peut pas répondre à la demande de base
  - Orlando ne peut répondre qu'à 44,78 % de la demande combinée (non indiqué sur le graphique)
  - Ainsi, la Floride doit planifier le rationnement et l'approvisionnement en carburant à partir de terminaux éloignés lorsqu'un groupe de terminaux ferme.

Système nominal

| Pas Tampa

| Tau x de passage | Tau x de stationnement | Rapidité | Taille du parc de véhicules | SdH    | Capacité de surtension | Temps d'attente à l'entrée (heures) | Durée du trajet (heures) | Voyages par jour |
|------------------|------------------------|----------|-----------------------------|--------|------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------|
| Normal           | Normal                 | Normal   | Normal                      | Normal | 136,0%                 | 0,63                                | 4,49                     | 2,24             |
| Faible           | Faible                 | Normal   | Normal                      | Normal | 119,9%                 | 0,98                                | 3,98                     | 2,01             |
| Normal           | Normal                 | Faible   | Faible                      | Normal | 110,0%                 | 0,17                                | 5,67                     | 2,27             |
| Faible           | Faible                 | Faible   | Faible                      | Normal | 101,8%                 | 0,39                                | 5,19                     | 2,10             |
| Élevé            | Normal                 | Normal   | Normal                      | Normal | 141,6%                 | 0,48                                | 4,67                     | 2,33             |
| Normal           | Élevé                  | Normal   | Normal                      | Normal | 148,3%                 | 0,47                                | 4,90                     | 2,44             |
| Normal           | Normal                 | Élevé    | Normal                      | Normal | 142,3%                 | 0,74                                | 3,95                     | 2,35             |
| Normal           | Normal                 | Normal   | Élevé                       | Normal | 145,0%                 | 0,99                                | 4,03                     | 2,01             |
| Normal           | Normal                 | Normal   | Normal                      | Élevé  | 185,7%                 | 0,70                                | 6,32                     | 3,06             |
| Élevé            | Élevé                  | Normal   | Normal                      | Normal | 160,0%                 | 0,20                                | 5,27                     | 2,65             |
| Tau x de passage | Tau x de stationnement | Rapidité | Taille du parc de véhicules | SdH    | Capacité de surtension | Temps d'attente à l'entrée (heures) | Durée du trajet (heures) | Voyages par jour |
| Normal           | Normal                 | Normal   | Normal                      | Normal | 96,8%                  | 1,38                                | 3,55                     | 1,88             |
| Élevée           | Normal                 | Normal   | Normal                      | Normal | 102,3%                 | 1,27                                | 3,59                     | 1,91             |
| Normal           | Élevé                  | Normal   | Normal                      | Normal | 107,7%                 | 1,14                                | 3,89                     | 2,07             |
| Normal           | Normal                 | Élevé    | Normal                      | Normal | 99,7%                  | 1,47                                | 3,07                     | 1,94             |
| Normal           | Normal                 | Normal   | Élevé                       | Normal | 100,4%                 | 1,75                                | 3,26                     | 1,72             |
| Normal           | Normal                 | Normal   | Normal                      | Élevé  | 131,7%                 | 1,71                                | 4,46                     | 2,30             |
| Élevé            | Élevé                  | Normal   | Normal                      | Normal | 120,3%                 | 0,96                                | 3,99                     | 2,10             |
| Normal           | Normal                 | Élevée   | Élevé                       | Élevé  | 138,9%                 | 2,33                                | 3,44                     | 2,15             |

Jarrod Goentzel (ctl.mit.edu/goentzel)

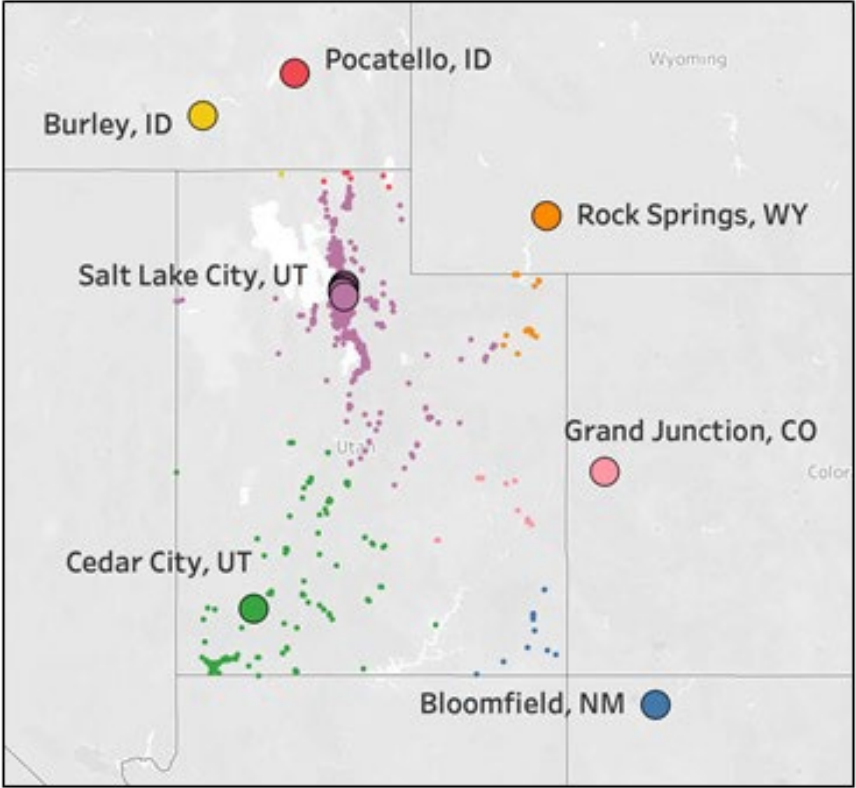
# Utah : envisager un tremblement de terre le long de la faille de Wasatch

Le réseau de distribution d'essence en aval de l'Utah est vulnérable aux tremblements de terre. Nous avons mesuré sa capacité à répondre à une forte demande et les effets de ces leviers pour améliorer le service. En outre, nous avons inclus une analyse dans laquelle la faille de Wasatch se rompt et la capacité de la raffinerie est mise hors service à SLC afin d'étudier l'impact systémique.

| Leviers                     |
|-----------------------------|
| Taux de passage             |
| Taux de stationnement       |
| Vitesse du camion           |
| Taille du parc de véhicules |
| Heures de service           |

| ICP                        |
|----------------------------|
| Capacité d'augmentation    |
| Temps d'attente à l'entrée |
| Durée du trajet            |
| Voyages / jour             |

| Groupe         | Demande de base dans l'Utah (MMgal/jour) | Camions |
|----------------|------------------------------------------|---------|
| Salt Lake City | 2,63                                     | 179     |
| Cedar City     | 0,64                                     | 44      |
| Rock Springs   | 0,08                                     | 6       |
| Grand Junction | 0,07                                     | 5       |
| Bloomfield     | 0,05                                     | 4       |
| Pocatello      | 0,02                                     | 2       |
| Burley         | 0,01                                     | 1       |
| Total          | 3,50                                     | 241     |





# Analyse de l'Utah

- Système nominal
- | Pas de SLC
- L'Utah a une demande comparativement plus faible que la Floride, ce qui se traduit par une capacité de pointe plus élevée.
  - Salt Lake City (groupe de terminaux) peut répondre à près du double de la demande de base dans des conditions normales et jusqu'à trois fois la demande de base lorsque tous les leviers sont actionnés.
  - Les leviers relatifs aux heures de service sont les plus efficaces.
  - Lorsque Salt Lake City est interdite, le système est largement compromis.
  - Avec tous les leviers, les autres terminaux ne peuvent satisfaire que la moitié de la demande de base de l'Utah.
  - Les distances étant importantes, les camions ne peuvent pas effectuer suffisamment de trajets par jour.
  - Pour les systèmes en aval qui dépendent fortement d'un groupe terminal central, l'interdiction constitue une menace plus importante pour le débit et il devient important de trouver d'autres sources d'approvisionnement.

Système nominal

| Tau x de passage | Tau x de stationnement | Rapidité | Taille de la flotte | SdH    | Capacité de surtension | Temps d'attente à l'entrée (heures) | Durée du trajet (heures) | Voyages par jour |
|------------------|------------------------|----------|---------------------|--------|------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------|
| Normal           | Normal                 | Normal   | Normal              | Normal | 178,9%                 | 0,05                                | 5,26                     | 2,89             |
| Faible           | Faible                 | Normal   | Normal              | Normal | 161,8%                 | 0,30                                | 4,74                     | 2,61             |
| Normal           | Normal                 | Faible   | Faible              | Normal | 127,7%                 | 0,01                                | 5,8                      | 2,61             |
| Faible           | Faible                 | Faible   | Faible              | Normal | 124,9%                 | 0,04                                | 5,56                     | 2,56             |
| Élevée           | Normal                 | Normal   | Normal              | Normal | 183,1%                 | 0,02                                | 5,38                     | 2,95             |
| Normal           | Élevée                 | Normal   | Normal              | Normal | 186,8%                 | 0,04                                | 5,53                     | 3,01             |
| Normal           | Normal                 | Élevée   | Normal              | Normal | 192,0%                 | 0,11                                | 4,78                     | 3,10             |
| Normal           | Normal                 | Normal   | Élevé               | Normal | 201,0%                 | 0,23                                | 4,90                     | 2,73             |
| Normal           | Normal                 | Normal   | Normal              | Élevé  | 247,3%                 | 0,05                                | 7,45                     | 3,99             |
| Élevé            | Élevé                  | Normal   | Normal              | Normal | 196,0%                 | 0,01                                | 5,63                     | 3,16             |

Pas de SLC

| Tau x de passage | Tau x de stationnement | Rapidité | Taille de la flotte | SdH    | Capacité de surtension | Temps d'attente à l'entrée (heures) | Durée du trajet (heures) | Voyages par jour |
|------------------|------------------------|----------|---------------------|--------|------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------------|
| Normal           | Normal                 | Normal   | Normal              | Normal | 27,9%                  | 0,16                                | 6,46                     | 1,14             |
| Élevé            | Normal                 | Normal   | Normal              | Normal | 28,7%                  | 0,11                                | 6,55                     | 1,17             |
| Normal           | Élevé                  | Normal   | Normal              | Normal | 28,9%                  | 0,14                                | 6,78                     | 1,18             |
| Normal           | Normal                 | Élevé    | Normal              | Normal | 33,0%                  | 0,14                                | 6,23                     | 1,35             |
| Normal           | Normal                 | Normal   | Élevé               | Normal | 31,4%                  | 0,24                                | 6,43                     | 1,14             |
| Normal           | Normal                 | Normal   | Normal              | Élevé  | 38,5%                  | 0,14                                | 8,83                     | 1,57             |
| Élevé            | Élevé                  | Normal   | Normal              | Normal | 28,9%                  | 0,06                                | 6,75                     | 1,18             |
| Normal           | Normal                 | Élevée   | Élevé               | Élevé  | 48,4%                  | 0,22                                | 8,29                     | 1,76             |
| Élevée           | Élevé                  | Élevé    | Élevé               | Élevé  | 50,2%                  | 0,06                                | 8,77                     | 1,82             |

Jarrod Goentzel (jg@mit.edu)