

# L'importance de la substitution

*A. Demortier, Contrôle du bien-être au travail, Hainaut*



SERVICE PUBLIC FEDERAL  
Emploi, Travail et  
Concertation sociale

[emploi.belgique.be](https://emploi.belgique.be)



# Qu'est-ce que la substitution ?

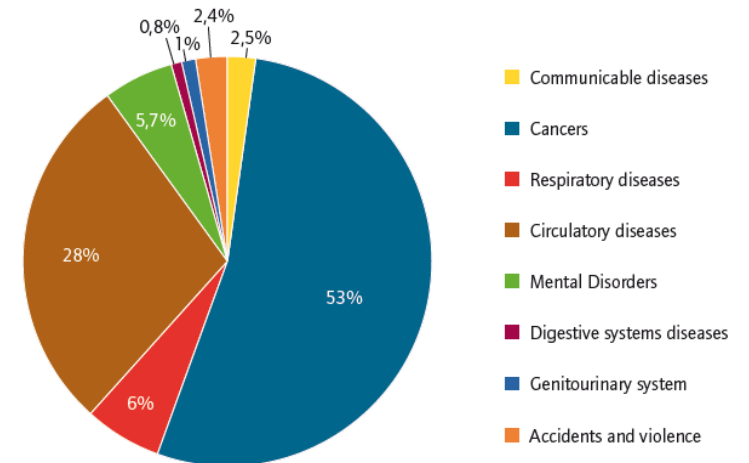


- Remplacement d'un agent chimique dangereux par une alternative plus sûre
  - Par un autre agent non ou moins dangereux (Directive Agents Chimiques CE 98/24 – Directive Cancérigènes et Mutagènes CE 2004/37 - REACH)
  - Mais aussi, par d'autres types de mesures :
    - Révision du produit (utilisation d'une forme physique ou chimique plus sûre, telle que des pellets, ...)
    - Révision de procédé afin d'utiliser des alternatives plus sûres
    - Complété par des mesures
      - Techniques et
      - Organisationnelles (augmenter la formation, l'information, améliorer l'organisation, ...)



# Pourquoi procéder à la substitution ?

- Au niveau belge, il n'existe pas de données d'exposition aux CMR/PE
- Selon la feuille de route relative aux substances cancérigènes (2016) :
  - Environ **120 000 cas de cancers d'origine professionnelle/an** dans l'UE
  - Suite d'exposition à des agents cancérigènes au travail => de **80 000 décès par an**
- Le cancer représentant environ 53 % de tous les décès liés au travail dans l'UE

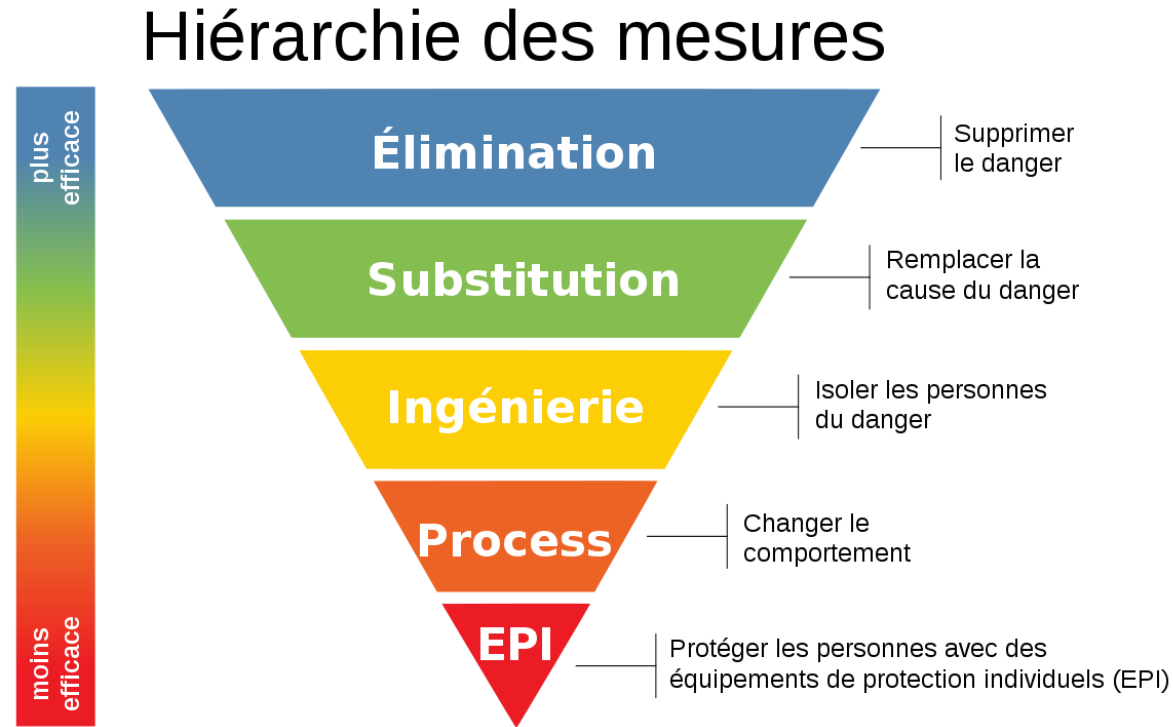




# Pourquoi procéder à la substitution ?

- Privilégier la santé des travailleurs et des consommateurs
- Innovation et efficacité
- Avantage concurrentiel
- Economie de coûts liés à la réglementation
- Agir de manière appropriée pour les générations futures
- Respect des autorisations et restrictions REACH / biocides ...

# Pourquoi procéder à la substitution ?



# Comment procéder ?

- Cas « simple » : remplacement par un agent chimique moins dangereux

Exemples :

- Alternative aux plastifiants à base de phtalate dans certains revêtements par de l'acétate de glycérol

Benzyl butyl phthalate



substitué par

Glycerol acetate



- Pas de solution unique toute faite => bien se documenter / effectuer des tests des différentes alternatives





# Comment procéder ?



## Facteurs à tenir compte :

- Exposition à l'agent chimique dangereux
- Procédés techniques
- Modes de conception du produit
- Performances techniques
- Aspects économiques

## Paramètres plus vastes

- Consommation d'énergie & ressources
- Gestion des déchets
- Recyclage
- Impact social



# Comment procéder ?

Connaitre les substances et besoins



Rechercher substances de remplacement



Evaluer, comparer & choisir



Tester, mettre en œuvre & améliorer



Informar la chaine d'approvisionnement







# Comment procéder ?



## Substances et besoins

- Inventaire des substances
- Prioriser les substances candidates à la substitution :
  - Les plus dangereuses : CMR&PE
  - Pas absolument nécessaires
  - Pour lesquelles, il y a des actions futures
- Fonction dans le produit final et/ou le procédé
- Info et collaboration avec utilisateurs en aval – chaîne d’approvisionnement

## Outils d’aide

- <https://www.kemi.se/en/prio-start/chemicals-in-practical-use/taking-inventory>
- <https://www.gadsl.org/>
- <http://www.mdsystem.com/>
- <https://www.roadmaptozero.com/>
- <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=FAS%200>



# Comment procéder ?

## Substances de remplacement

- Recherche d'alternatives :
  - Fonctionnalité technique de la substance est-elle nécessaire ?
  - Existe-t-il un autre moyen d'atteindre cette fonctionnalité?

## Exemple

- Ticket de caisse : papier thermique contenant du BPA peut-être remplacé par des alternatives tel que le ticket électronique





# Comment procéder ?



## Evaluer - comparer - choisir

- Liste restreinte de solutions
- Créer un groupe de travail et un cahier de charge
  - Évaluation des dangers et des risques.
  - Évaluation des performances.
  - Évaluation de la viabilité économique.
  - Évaluation des autres impacts.
- Tenir compte aussi :
  - Energie et ressources
  - Déchets
  - Recyclage
  - Impact social et environnemental
  - Futures décisions possibles des autorités





# Comment procéder ?



## Tester, mettre en œuvre et améliorer

- Solution la plus prometteuse :
  - Essai pilote de manière itérative
  - Mettre en œuvre : passer à l'échelle de production
  - Amélioration continue du processus et du produit
  - Gestion dynamique des risques

## Informers chaîne d'approvisionnement

- Tenir au courant :
  - Utilisateurs en aval
  - Consommateurs



# Cas concret 1 - Substitution de produits : pâte à modeler comestible



- La pâte à modeler traditionnelle
- contient des produits chimiques tels que du formaldéhyde, du borax et des parabènes
- => produit alternatif à base d'amidon et de farine vendu en tant que produit alimentaire au bout de 7 mois de recherche

# Cas concret 2 - Lutter contre les incendies sans fluor



- L'utilisation de composés organiques fluorés est fréquente dans l'industrie des émulseurs anti-incendie
- Développement de nouveaux émulseurs sans fluor améliorés
- Premier projet a duré 3 ans





# Cas concret 3 - chariot élévateur à l'intérieur

## Substitution de procédé

### Thermique

- Exposition aux fumées de diesel

### Electrique

- Elimination de l'exposition aux fumées de diesel



SERVICE PUBLIC FEDERAL  
Emploi, Travail et  
Concertation sociale

# Cas concret 4 : Adieu les PFC !

- L'utilisation des PFC (molécules poly/perfluorocarbonées) dans le textile sportif
- 8400 tests en labo / 43 tests d'usure pour trouver une solution de remplacement durable
- <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2015/05/978-87-93352-16-2.pdf>





# Cas concret 5 : Substitution par le procédé : préservation des échantillons biologiques (substitution de procédé ou de produit)

- Formaldéhyde

- Réfrigération
- Autres substances moins dangereuses

## Formaldehyde

Regulatory process names 8 Translated names 44 IUPAC names 29 Trade names 63 Other identifiers 13 ↓Groups: 👤

### Substance identity

**EC / List no.:** 200-001-8

**CAS no.:** 50-00-0

**Mol. formula:** CH<sub>2</sub>O



### Hazard classification & labelling



**Danger!** According to the **harmonised classification and labelling** (ATP06) approved by the European Union, this substance is toxic if swallowed, is toxic in contact with skin, causes severe skin burns and eye damage, is toxic if inhaled, may cause cancer, is suspected of causing genetic defects and may cause an allergic skin reaction.



**Additionally**, the classification provided by companies to ECHA in **REACH registrations** identifies that this substance is fatal if inhaled and causes serious eye damage.

=> freins ???



SERVICE PUBLIC FEDERAL  
Emploi, Travail et  
Concertation sociale

# Cas concret 6 : Nettoyage et dégraissage

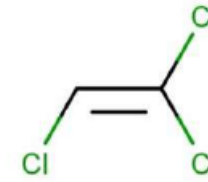
- Fontaines à solvant



- Possibilité de substitution : fontaine de biodégradation des graisses

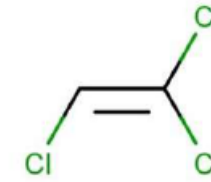


# Cas 7 : trichloroéthylène (TCE)

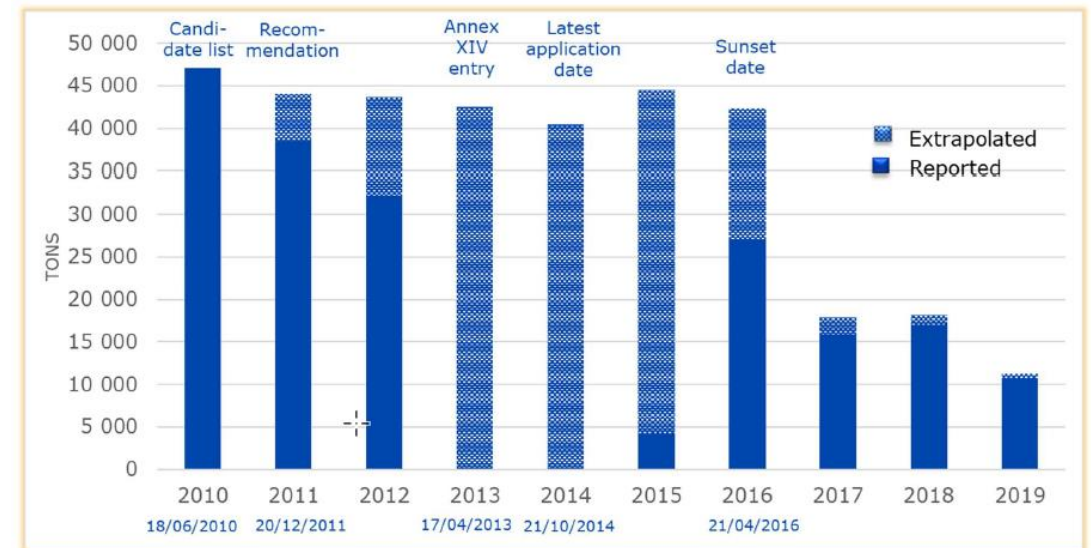


- CAS : 79-01-6
- Risques : Carc. 1B - Eye irrit. 2 - Muta. 2 - Aquatic Chronic 3 – Skin Irrit. 2 – peut causer somnolence et vertige
- 18 juin 2010 : ajout à la ‘liste des Candidats’ comme cancérigène
- 17 avril 2013 : ‘entry 15’ de l’annexe XIV de REACH, liste des autorisations
- 21 avril 2016 : Sans soumission d’un dossier d’autorisation, l’utilisation du TCE n’est plus autorisée

# Cas du trichloroéthylène (TCE)



- Résumé (janvier 2022) :
  - ECHA a reçu 11 dossiers d'autorisation pour 18 utilisations
  - 5 dossiers de renouvellement d'autorisation pour 5 utilisations
  - 3 autorisations ont déjà expirées
  - En 2023, plusieurs autorisations ont leur expiration
- L'interdiction a un réel effet sur la consommation et donc la substitution du TCE



# Cas 8 : Perchloroéthylène dans le nettoyage des vêtements



Summary Table: Comparison of Perc and Seven Garment Cleaning Alternatives

Key Assessment Criteria		Perc (reference)	Wet Cleaning	Carbon Dioxide	High Flash point Hydro-carbons	Acetal	Propylene Glycol Ethers	D5 Siloxane	n-Propyl Bromide
Technical Performance	Cycle time	45 min	20-40	35-45	60-75	60-65	>45	53-58	45
	Load capacity	50 lbs	20-75	60	35-90	40-90	43	55	50
	Materials system may have difficulty with	Leather, suedes, beads, delicates	Leather, suede and fur	Triacetates, specially dyed acetates	Vinyl appliqués	Appliqués or decorations glued to fabric	None identified	None identified	Leather, suedes, beads, delicates
	Spotting requirements	Moderate	Low	High	Moderate	Low	Low	High	Low
Financial	Equipment	\$40,000 - \$65,000	\$36,000 - \$61,000	\$100,000 - >\$150,000	\$38,000 - \$75,000	\$50,000 - \$100,000	\$56,000	\$30,500 - \$55,000	\$40,000 - \$60,000 or retrofit cost
	Chemical cost per gallon	\$17	\$0.007/gal (water); \$25-\$31/gal (detergent)	\$0.18/lb (CO <sub>2</sub> ); \$40/gal (detergent)	\$14-\$17	\$28-\$34	\$25-\$30	\$22-\$28	\$40-\$64
	Cost per pound cleaned (range and average)	\$0.63 - \$1.94 Avg: \$1.02	\$0.57 - \$1.32 Avg: \$1.10	\$1.40	\$0.73 - \$1.02 Avg: \$0.88	Unavailable	\$1.14	\$1.08 - \$2.33 Avg: \$1.71	Unavailable
	Electricity usage (kWh/100 lb)	26.6	9.3	30.9	35.5	Similar to hydrocarbon	Unavailable	54.2	Unavailable

Key Assessment Criteria		Perc (reference)	Wet Cleaning	Carbon Dioxide	High Flash point Hydro-carbons	Acetal	Propylene Glycol Ethers	D5 Siloxane	n-Propyl Bromide
Environmental	Persistence (water, soil, sediment and/or air)	M (water), H (soil, sed, air)	L (water, soil, air), M (sed)	NA	L (water, soil, air), M (sed)	L (water, soil, air), M (sed)	L (water, soil, air), M (sed)	L (water), M (soil), H (sed, air)	L (water, soil), M (sed), H (air)
	Bioaccumulation	Low	Low	NA	Moderate	Low	Low	Moderate	Low
	Aquatic toxicity	Moderate	Low to Moderate	Low	High	Moderate	Low	High	High
Human Health	Recommended exposure limits	25 ppm	NE <small>Cas concret 3 : Adieu les PFC!</small>	5000 ppm	100 ppm	NE	NE	10 ppm	10 ppm
	Central nervous system effects	Yes	No	No	Yes	No data available	Yes	Some Evidence	Yes
	Carcinogenicity	Probable human carcinogen	Not classified by IARC	Not classified by IARC	Not classified by IARC	Not classified by IARC	Not classified by IARC	Some evidence	Clear evidence in animal studies by NTP
	Reproductive/developmental toxicity	Yes	Negligible	No data available	No data available	No data available	No	Studies indicate concern	Yes
Physical Safety	Flash point/flammability	NA/Not Flammable	NA/Not Flammable	NA/Not Flammable	140-145°F / Combustible liquid	144°F / Combustible liquid	160-212°F / Combustible liquid	171°F / Combustible liquid	NA or 72°F (Flammability dependent on test method)

# Cas 8 : Perchloroéthylène dans le nettoyage des vêtements



Key Assessment Criteria	Perc (reference)	Wet Cleaning	Carbonyl Dioxide	High Flash point Hydrocarbons	Acetal	Propylene Glycol Ethers	D5 Siloxane	n-Propyl Bromide
Clean Air Act Hazardous Air Pollutant (HAP)	Yes, HAP	No	No	No	No	No	No	No
Clean Air Act NAAQS VOC	No, Exempt	No	No	VOC	VOC	VOC	No, Exempt	VOC
Massachusetts regulated (TURA, ERP)	TURA Higher Hazard Substance, ERP	No	No	No	No	No	No	TURA
Hazardous waste disposal required	Yes - Listed hazardous waste	No	No	Yes Waste Oil = Hazardous Waste in MA	No	No	No	No; monitor for residual perc if using retrofitted machine
Wastewater	No wastewater	Discharge to sewer or holding tank	Cas 6: Perchloroéthylène dans ... wastewater	No wastewater	No wastewater	No wastewater	No wastewater	No wastewater

NA = Not applicable; NE = Not established

- Comparaison de 7 alternatives :
- Critères étudiés :
  - Technique
  - Économique
  - Environnemental
  - Légal
  - Santé humaine
- Nettoyage à sec : meilleure alternative





# Pourquoi la substitution est difficile?

## Avantages

- Meilleure sécurité des travailleurs et des consommateurs
- Réduction de coûts
- Productivité
- Avantage concurrentiel

## Poussants

- Santé
- Gestion des risques
- Environnement
- Législation
- Image de la firme

## Inconvénients

- Besoin de connaissances et de ressources
  - Défis technologiques
- Marketing, flux d'info vers le marché
- Gestion du changement
- Prix de l'alternative

## Bloquants

- Pas d'alternatives connues
- Manque général de connaissances
- Non reconnu comme mesures de prévention
- Impacts sur le produit et le processus de production



# Pourquoi la substitution est difficile? (argument donné en visite d'inspection)

## Souhait du producteur :

Continuer à produire en Europe en respectant le bien-être au travail et les normes l'environnementales



## Souhait du client / réalité marché :

- Prix compétitif (offres non EU!)
- Performance technique maintenue
  - Facilité de transformation
  - Ne pas « revalider » leur concept/process (certification CE, etc...)

Made in ...







# Conclusions



- L'élimination et la réduction de l'utilisation des agents chimiques dangereux restent un objectif primordial dans l'ensemble de l'industrie et aux niveaux national et supranational.
- La réduction globale des risques pour une entreprise et ses travailleurs peut être beaucoup plus importante si la priorité est clairement fixée sur la substitution de l'utilisation des produits chimiques dangereux à celle des produits chimiques dangereux.  
! Toujours préférer un système clos même pour un agent chimique moins dangereux (Substitution ne veut pas dire prendre moins de mesures pour l'agent chimique moins dangereux remplaçant) !





# Conclusions



- Le succès de la substitution dépend de deux facteurs :
  - La raison pour laquelle l'agent chimique dangereux est utilisé ou produit
    - La molécule précise est nécessaire et on ne peut la remplacer => **optimisation de la production** : on parle alors de **substitution de processus** afin d'éliminer toute source de la molécule.
    - Une fonction chimique très spécifique est nécessaire => Ex : fonction biocide. Dans ce cas la substitution consistera à trouver un/des autre/s agent/s chimique/s ayant les mêmes performances tout en étant plus sûr. On parle alors **d'optimisation chimique fonctionnelle**.
    - L'agent chimique est utilisé pour apporter un certain avantage. Dans ce cas, on parle **d'optimisation de bénéfice pour le consommateur**. Ex : élimination d'un agent chimique dangereux dans le nettoyage pour une action mécanique : jet d'eau, brosse, ...





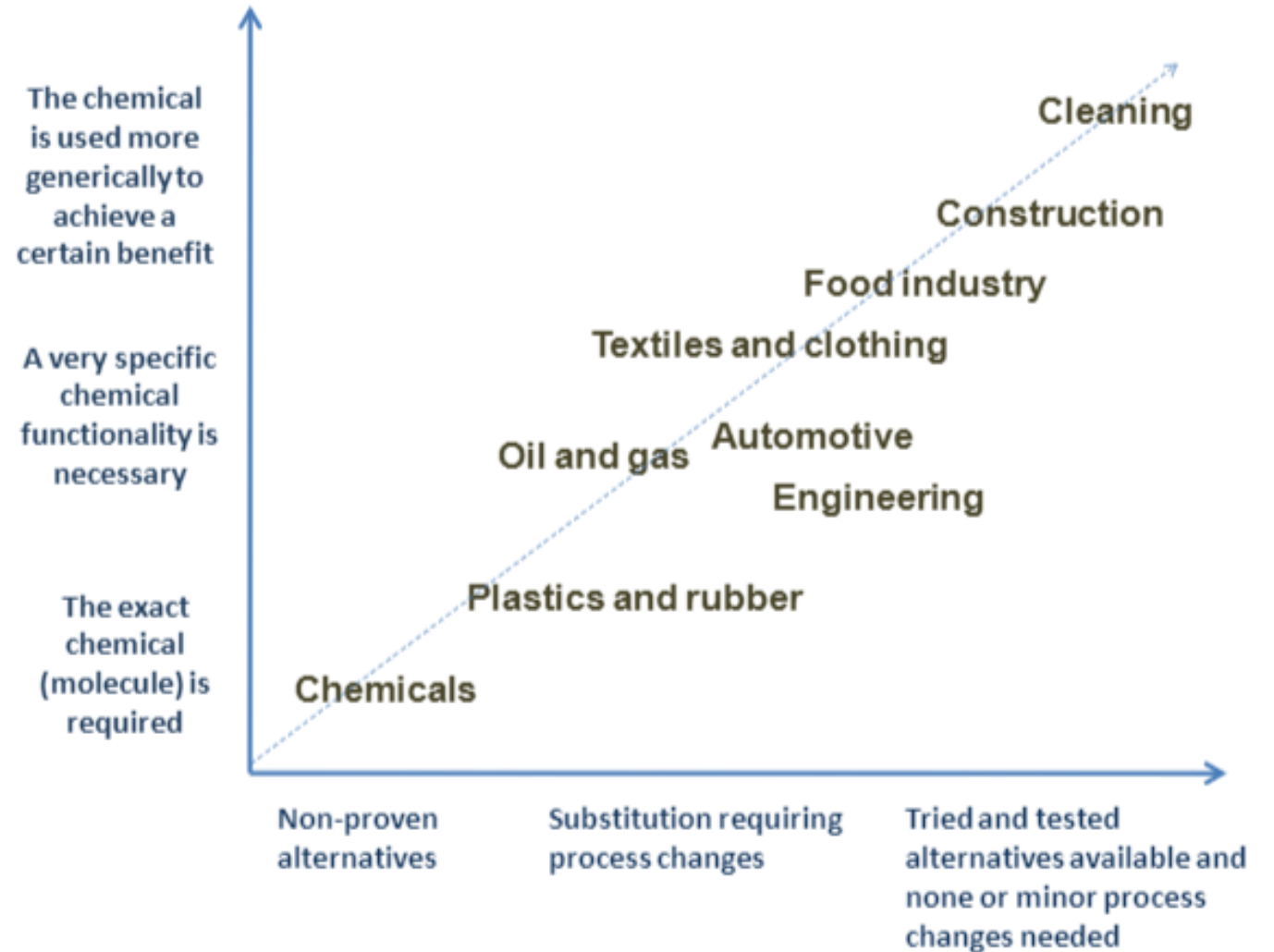
# Conclusions



- **Le succès de la substitution dépend de deux facteurs :**
  - **La disponibilité d'alternatives éprouvées et testées**
    - **Alternatives non éprouvées** : Situations plus complexes avec R&D et des installations pilotes
    - **Alternatives qui demande aussi un changement de processus** : Evaluation détaillée nécessaire pour se lancer
    - **Alternatives testées et pas ou des changement mineur dans le processus** : A appliquer sans délai

# Conclusions

- Le succès de la substitution dépend de deux facteurs :
- Importance de la substitution comme moyen de prévention
- Importance de la substitution comme investissement pour les générations futures





# Bibliographie et liens intéressants

- [Évaluation des solutions de remplacement et remplacement des produits chimiques nocifs - OCDE \(oecd.org\)](#)
- [Minimising chemical risk to workers' health and safety through substitution - Publications Office of the EU \(europa.eu\)](#)
- [BAuA - SUBSPORTplus - Home - Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin](#)
- [Substitution of hazardous chemicals - OSHwiki | European Agency for Safety and Health at Work \(europa.eu\) +](#)
- [Carcinogenic, mutagenic, reprotoxic \(CMR\) substances - OSHwiki | European Agency for Safety and Health at Work \(europa.eu\)](#)
- <https://www.kemi.se/en/prio-start/chemicals-in-practical-use/taking-inventory>
- <https://www.gadsl.org/>
- <http://www.mdsystem.com/>
- <https://www.roadmaptozero.com/>
- <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=FAS%200>
- <https://echa.europa.eu/substitution-to-safer-chemicals>

