

# Plateforme de coordination pour échanger l'énergie, réguler et prédire la production/consommation dans le cadre d'un réseau électrique intelligent

Stage réalisé à l'UNIGE et encadré par Giovanna Di Marzo Serugendo, dans le cadre du projet TELEGRAM

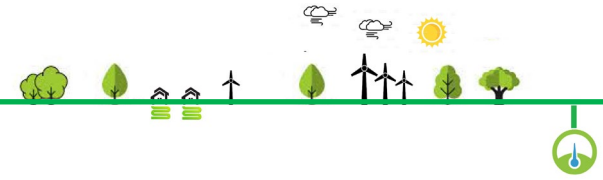
Motivation : les smartgrids permettent de :

- Suivre l'utilisation de l'énergie (production, distribution et consommation)
- Diminuer les coûts en énergie
- Réduire les pics d'utilisation
- Décentraliser la distribution
- Favoriser les énergies renouvelables





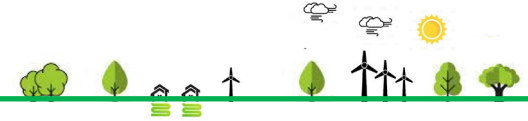
# Plan



- Présentation des missions
- Etat de l'art
- Architecture du système
- Conception du modèle de coordination
- Mise en place de la prédiction
- Résultats
- Contributions du stage
- Conclusion



# Présentation des missions



## Missions développées dans la présentation :

- Modèle de coordination pour les échanges d'énergie
- Régulation de l'énergie de manière instantanée et pro-active
- Prédiction de la production et consommation à l'aide des chaînes de Markov



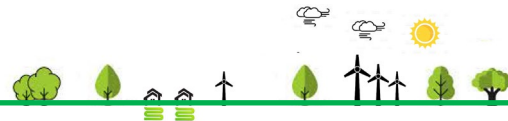
## Autres missions :

- Outil de visualisation et de suivi du nœud
- Simulateur de données de production et consommation d'énergie
- Protection des données échangées





# Etat de l'art



## Modèle Gamma (inspiré de la chimie)

[J.P. Banâtre "The gamma model and its discipline of programming" (1990)]

[J. L. Fernandez-Marquez. "BIO-CORE : Bio-inspired Self-organising Mechanisms Core" (2011)]

Modèles  
de  
coordination

Approches  
agent pour les  
réseaux  
intelligents

Réseaux  
intelligent

Prédiction

Application des chaînes de  
Markov sur la production  
d'énergie solaire

[Reihaneh Haji "Development of a Markov-Chain-Based Solar" (2020)]

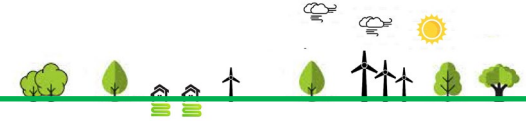
Architecture  
holonique à  
différents niveaux

[David Menga, ... "A Generic Holonic Control Architecture for Heterogeneous Multi-Scale SmartMicro-Grids..(2014)"]

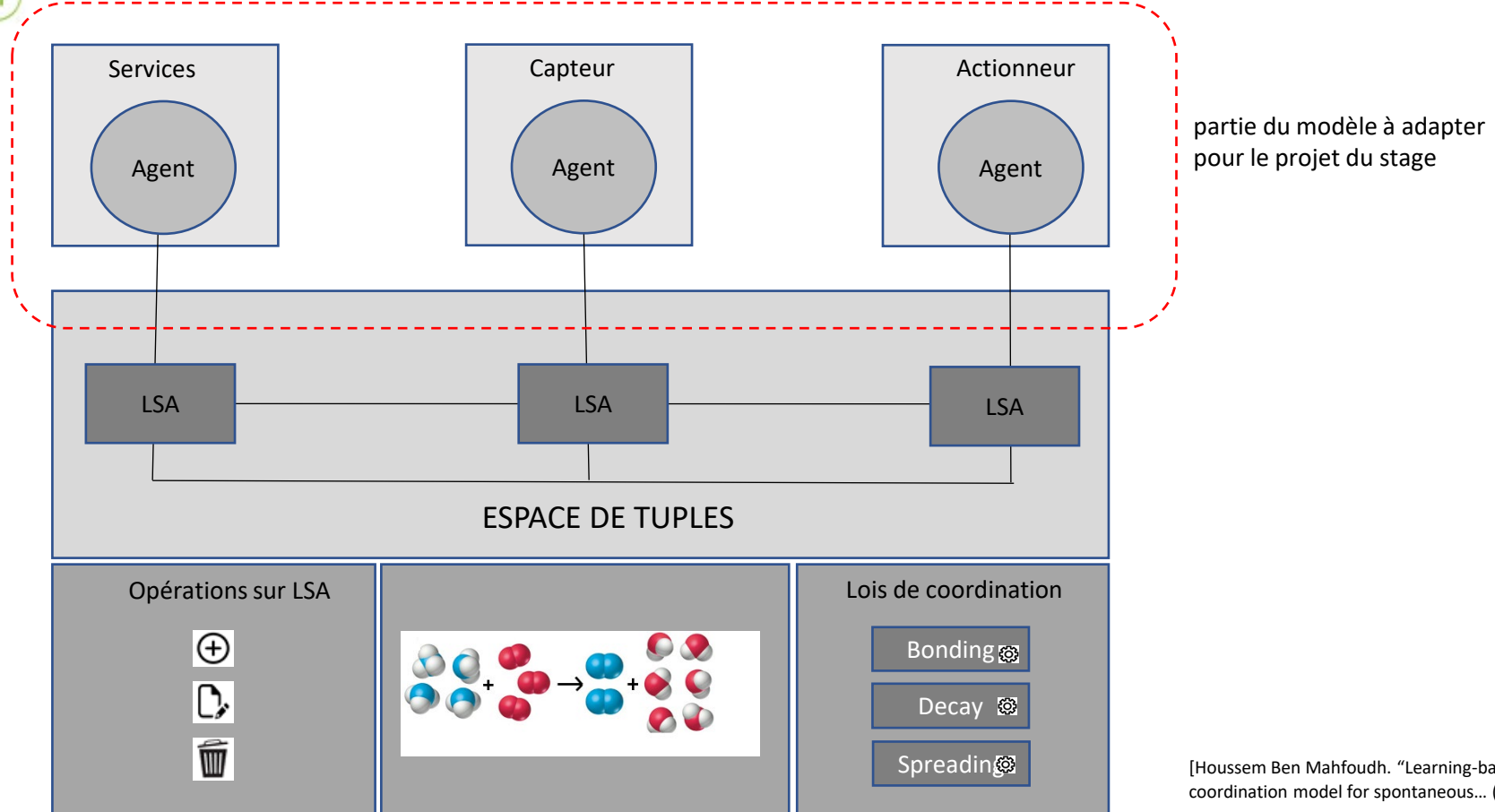




# Modèle de coordination de SAPERE



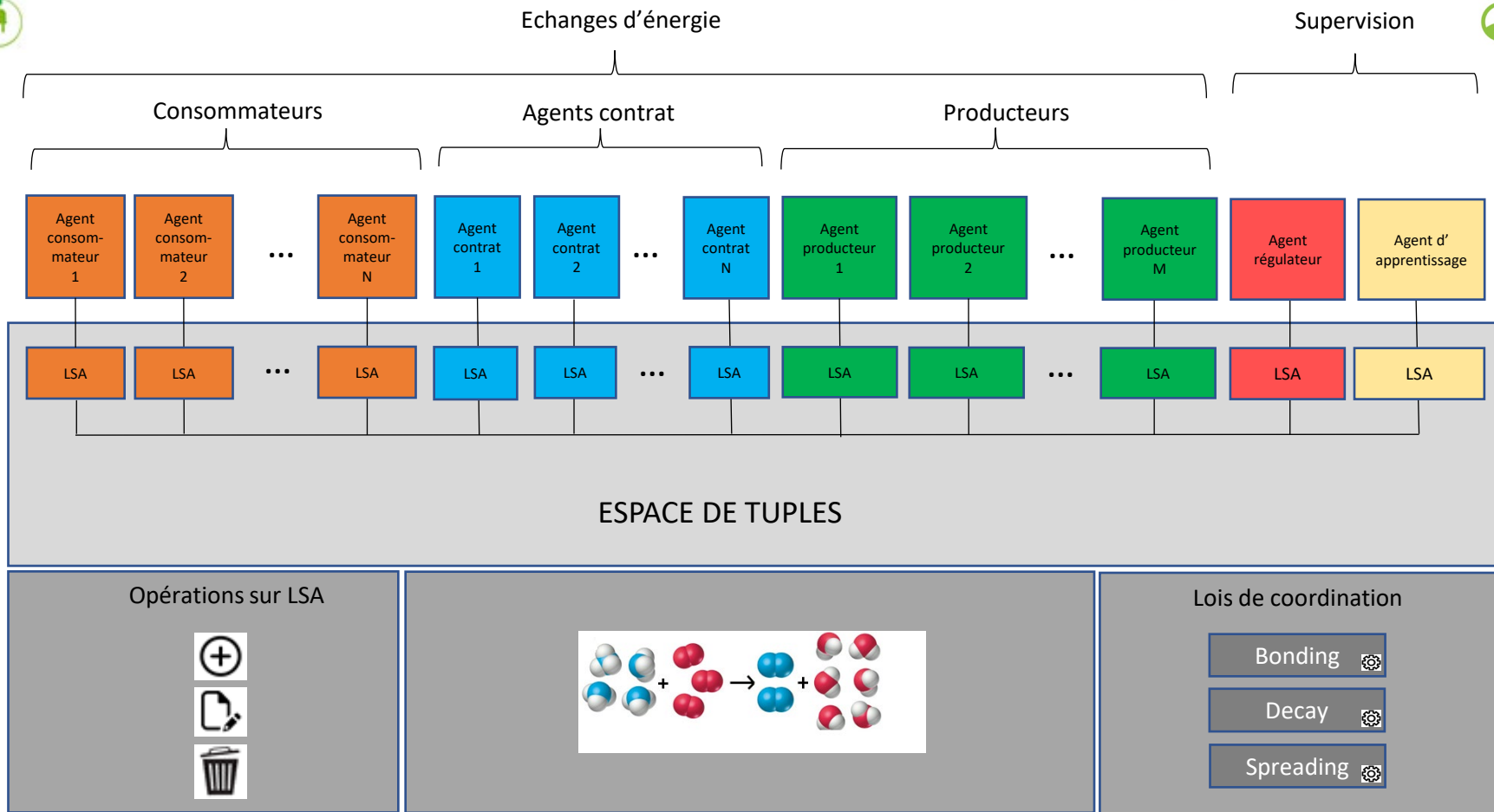
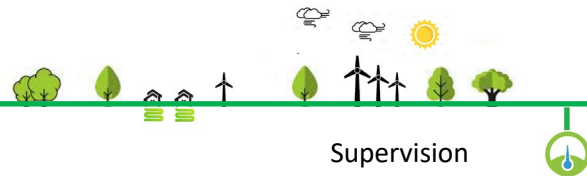
Systèmes hétérogènes



[Houssem Ben Mahfoudh. "Learning-based coordination model for spontaneous... (2020)"]

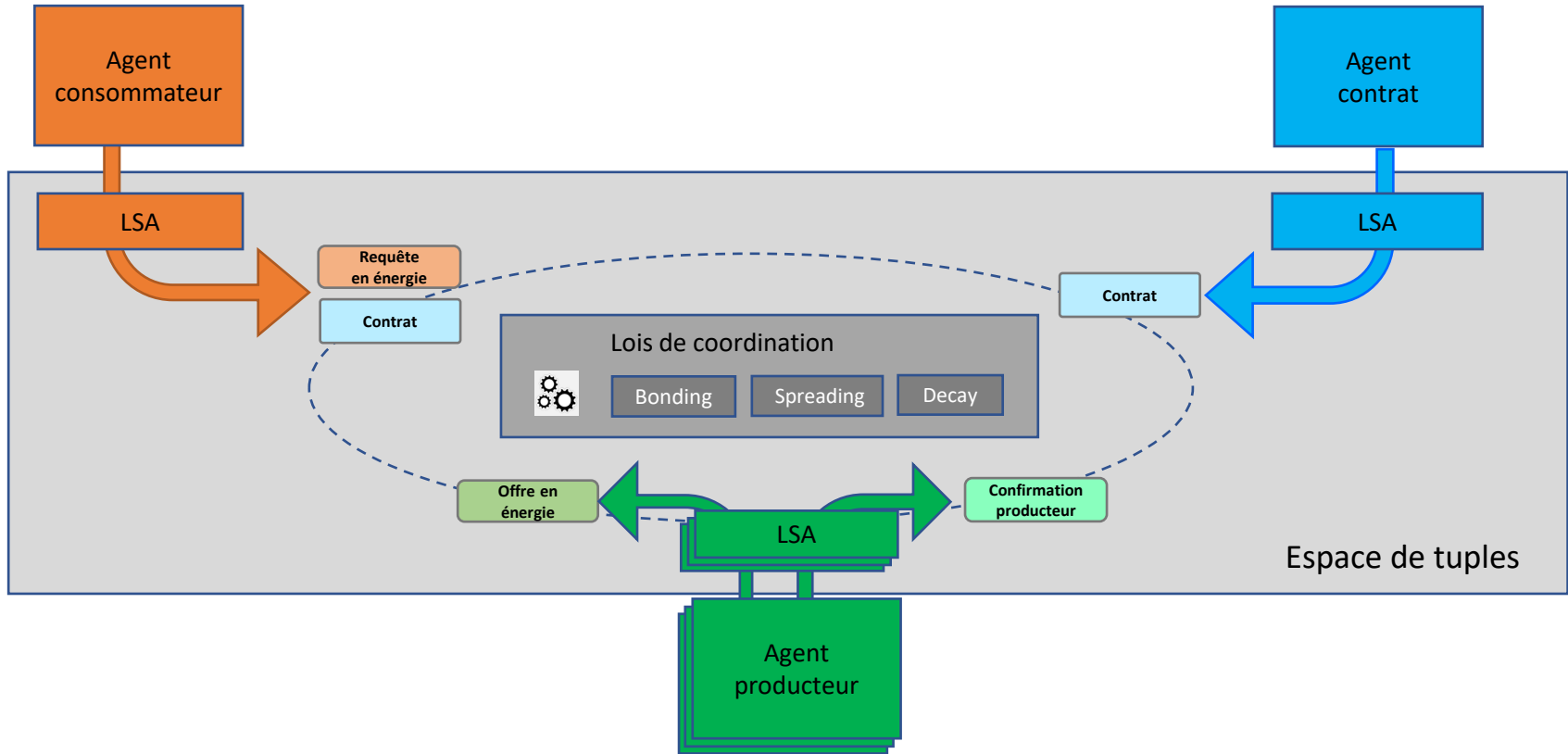


# Adaptation pour les échanges d'énergie





# Utilisation de l'auto-composition pour générer un contrat



Données échangées :

Requête  
en énergie

Offre en  
énergie

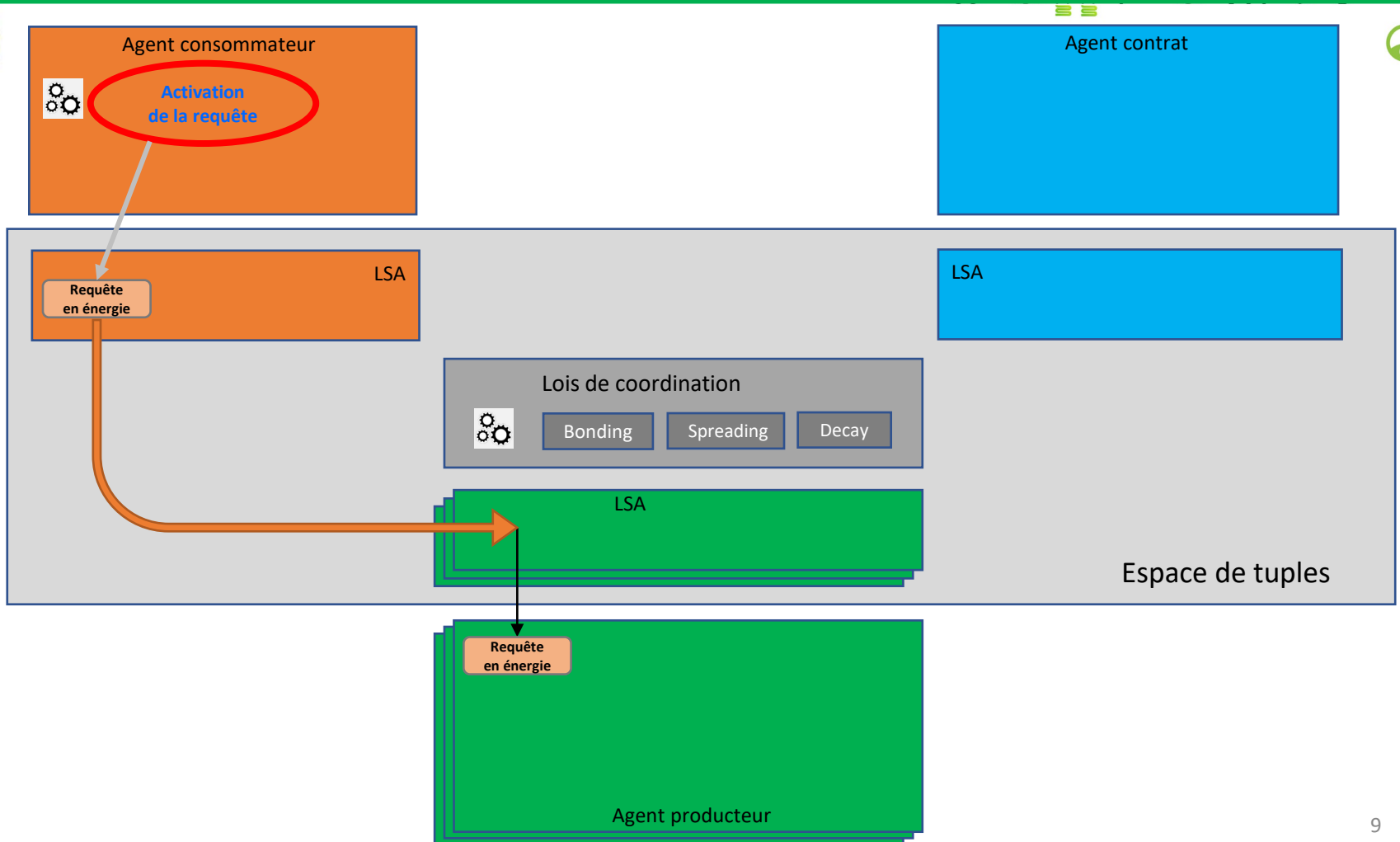
Contrat

Confirmation  
producteur

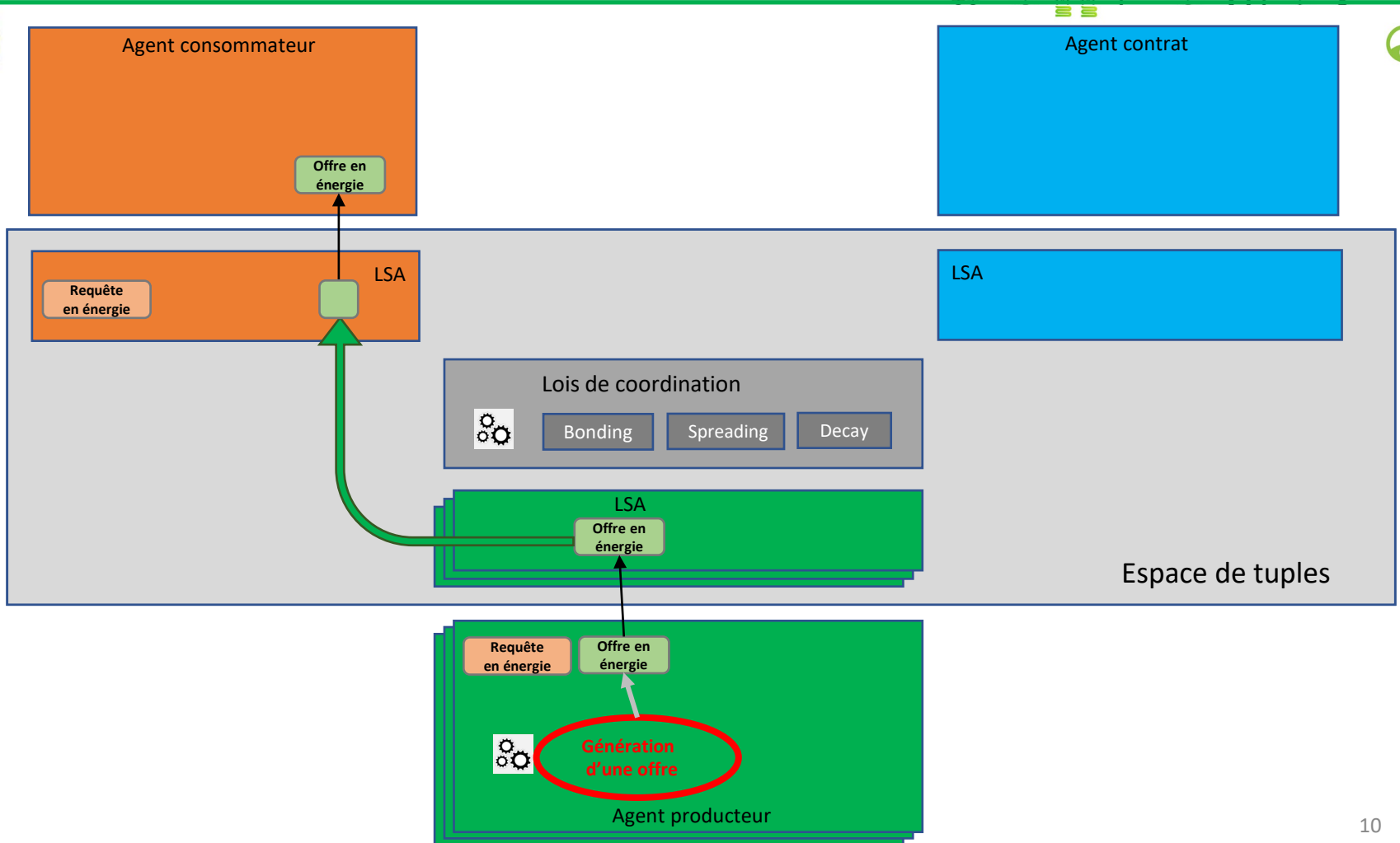


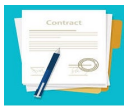


# Etape 1 : envoi des requêtes

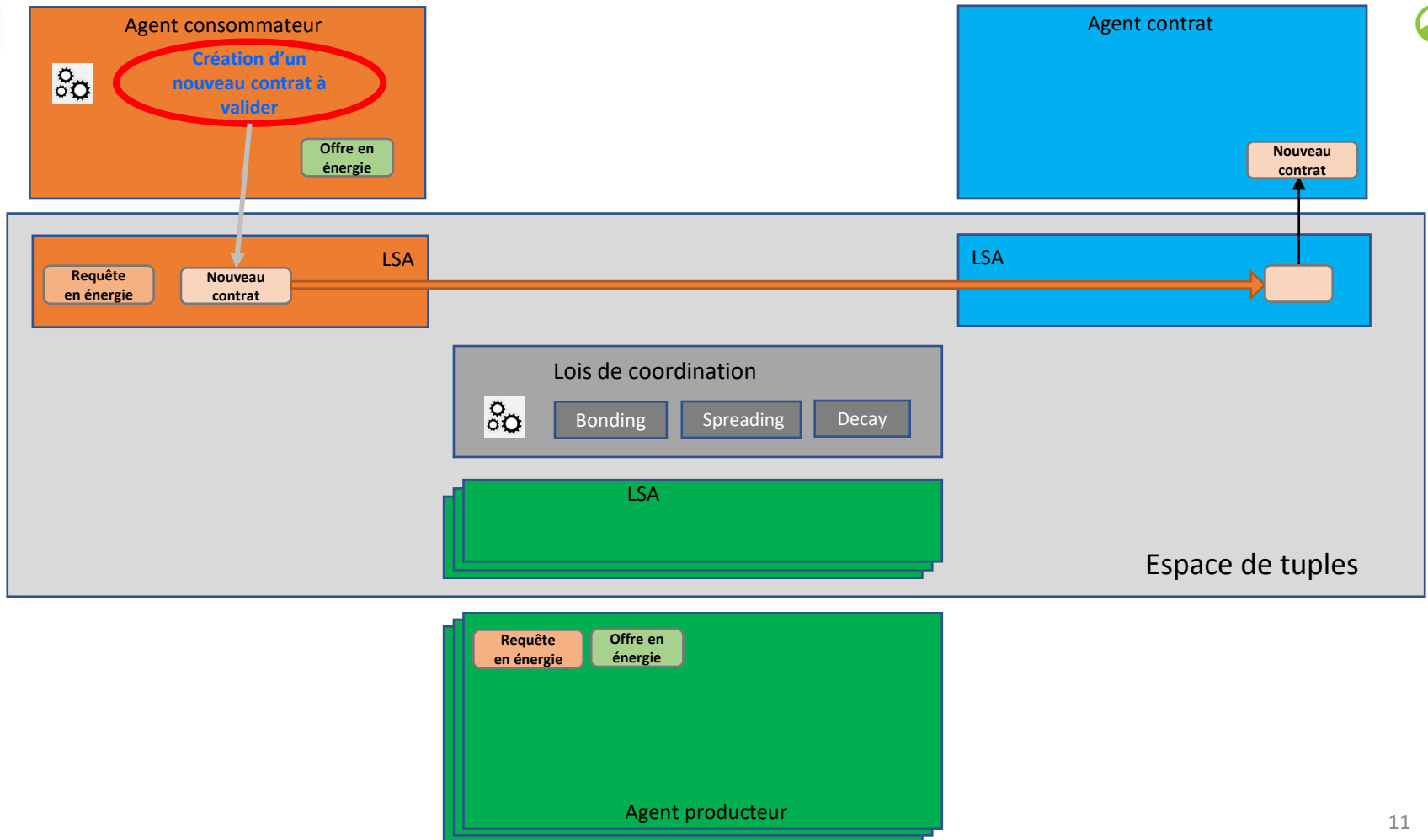
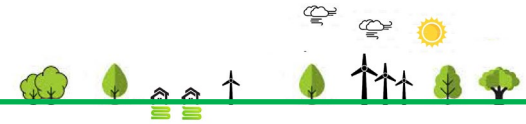


## Etape 2 : envoi des offres



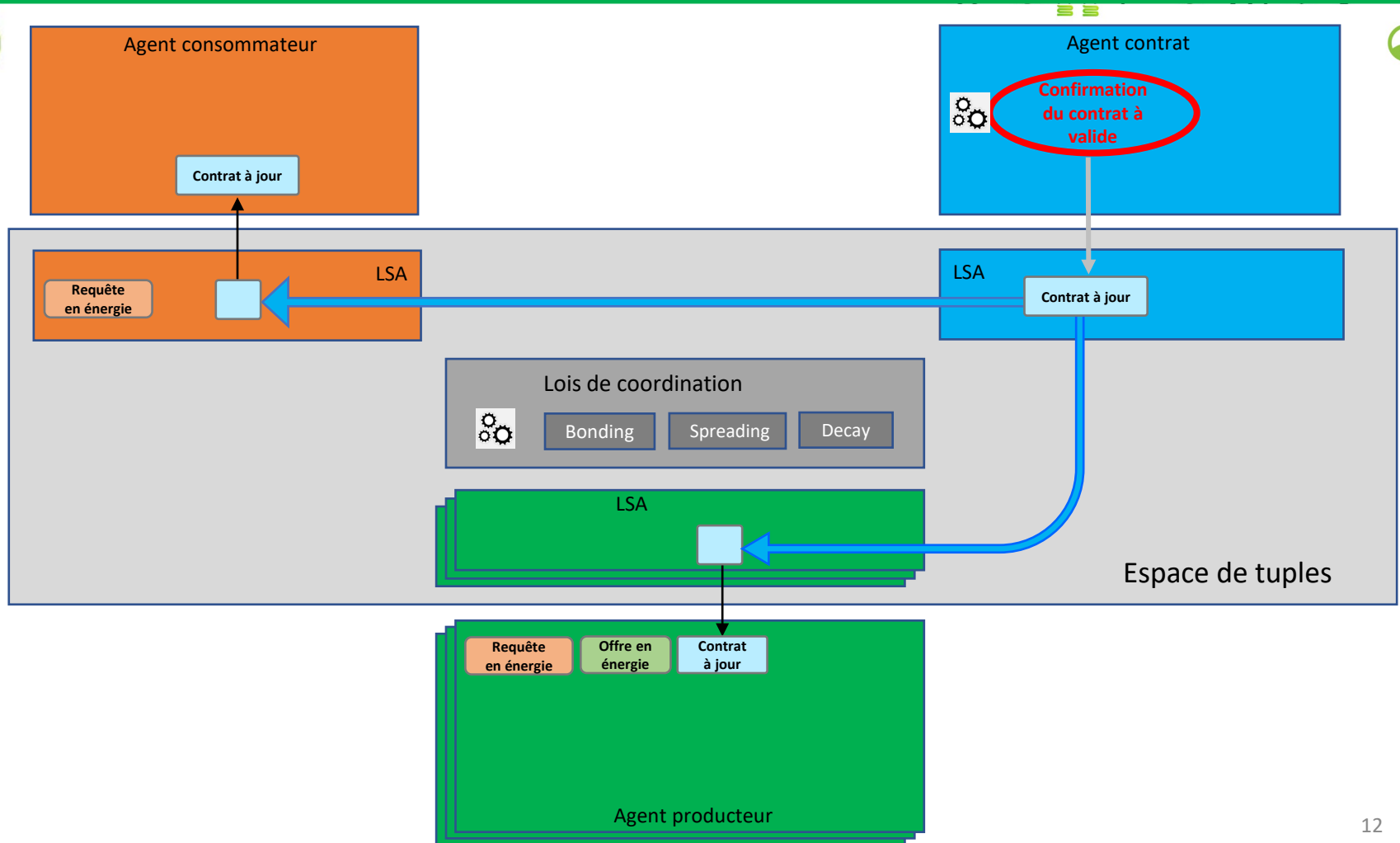
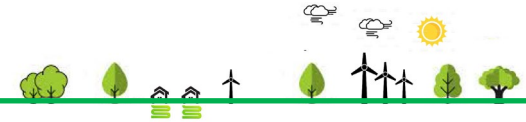


## Etape 3 : émission d'un nouveau contrat



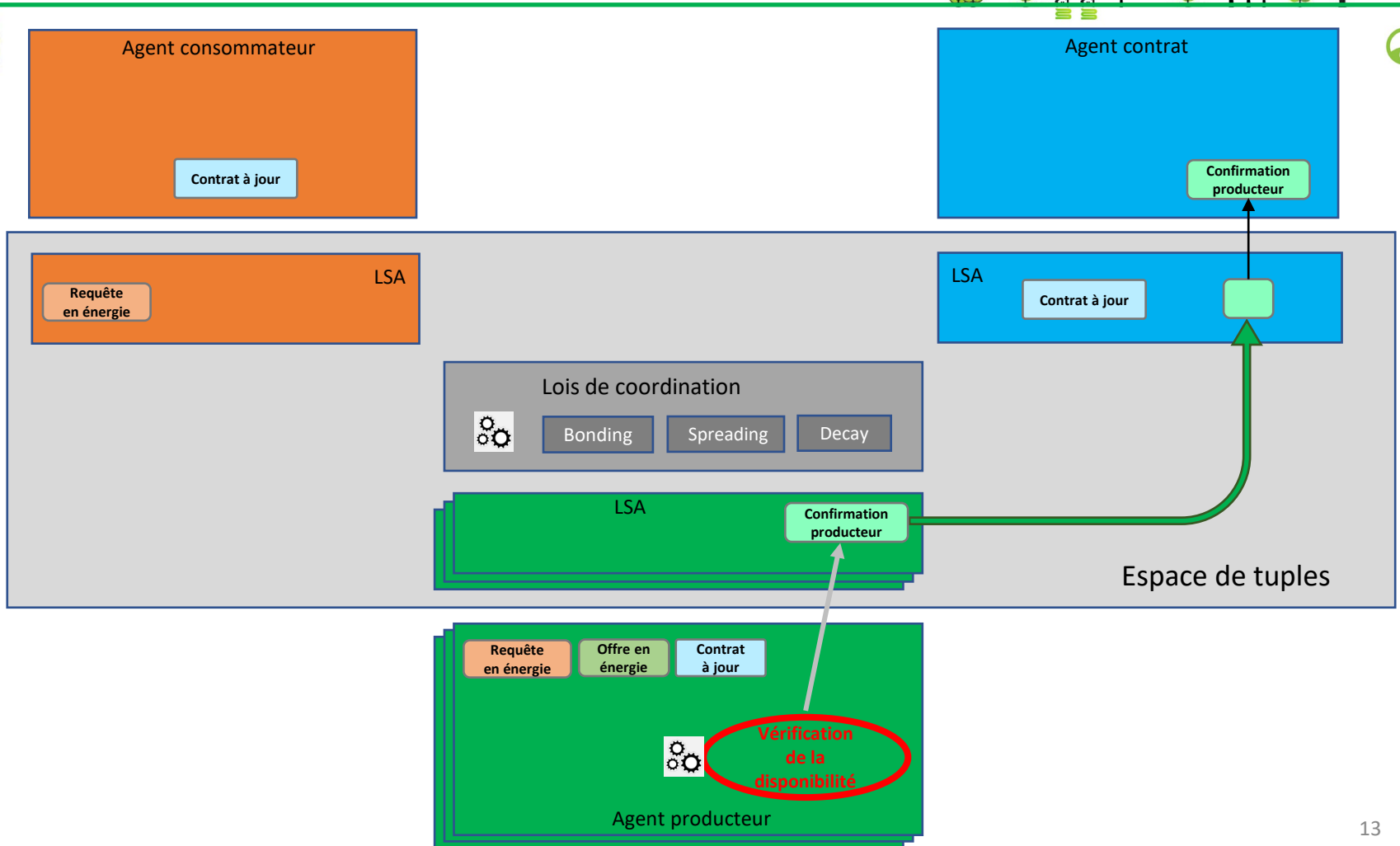


## Etape 4 : envoi du contrat à valider



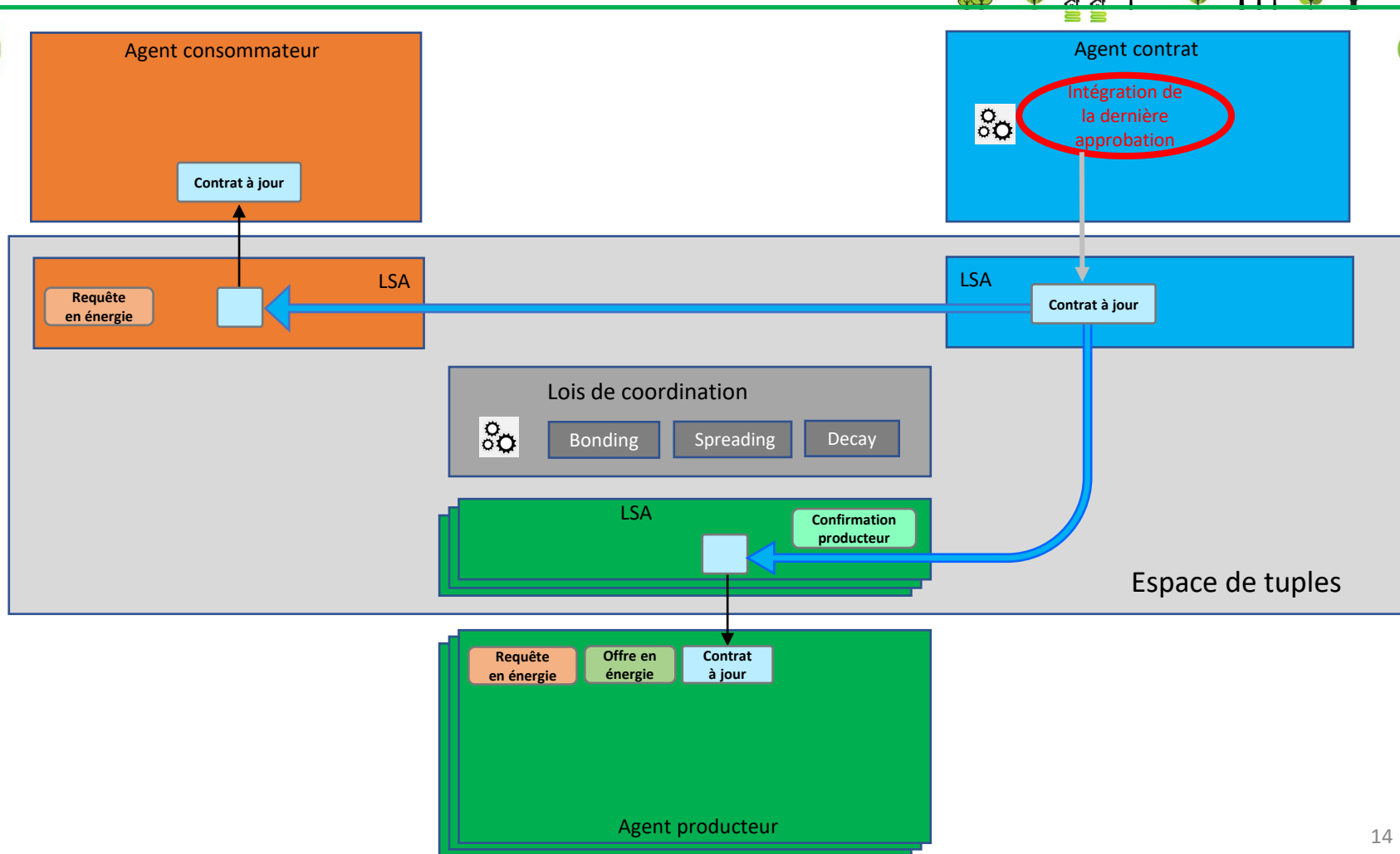


## Etape 5 : envoi d'une approbation





## Etape 6 : actualisation du contrat



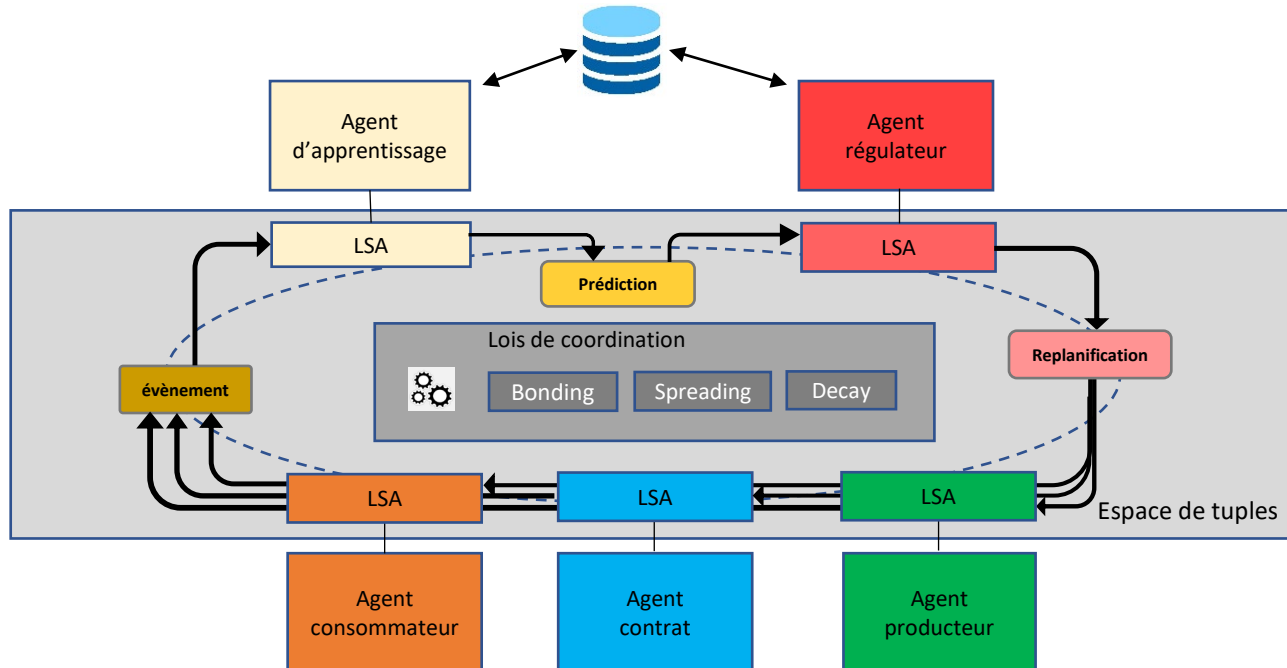


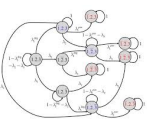
# Adaptations dynamiques



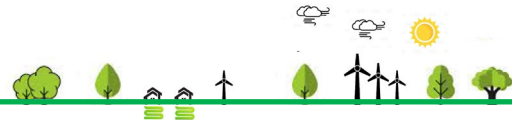
Certaines situations amènent à régénérer des contrats dynamiquement

- Nouvelle requête urgente
- Surproduction (arrêt d'un producteur)
- Replanification pour éviter un dépassement de seuil





# Utilisation des chaînes de Markov



- Etat du nœud  
=> les 5 composantes : wattage demandé, produit, consommé, manquant et disponible

- Définition des états de Markov

| S1    | S2          | S3             | S4              | S5              | S6              | S7          |
|-------|-------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| {0 W} | ]0 W,600 W[ | [600 W,1200 W[ | [1200 W,1800 W[ | [1800 W,2400 W[ | [2400 W,3000 W[ | [3000 W,+∞[ |

- Découpage de l'espace des variables (tranches horaires)



- Enregistrement des nombres d'observations



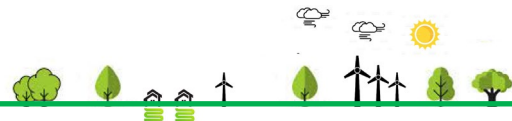
- Matrice de transition

| Time window : 06:00-07:00 |                      |                       |                       |                        |                      |                        |                      |
|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| requested                 | S1                   | S2                    | S3                    | S4                     | S5                   | S6                     | S7                   |
| S1 <sup>(10)</sup>        | 0.300 <sup>(3)</sup> | 0.600 <sup>(5)</sup>  |                       |                        |                      | 0.100 <sup>(1)</sup>   |                      |
| S2 <sup>(62)</sup>        |                      | 0.919 <sup>(57)</sup> | 0.065 <sup>(4)</sup>  |                        | 0.016 <sup>(1)</sup> |                        |                      |
| S3 <sup>(36)</sup>        |                      |                       | 0.889 <sup>(32)</sup> | 0.056 <sup>(2)</sup>   |                      | 0.028 <sup>(1)</sup>   | 0.028 <sup>(1)</sup> |
| S4 <sup>(106)</sup>       |                      |                       |                       | 0.962 <sup>(102)</sup> | 0.009 <sup>(1)</sup> | 0.019 <sup>(2)</sup>   | 0.009 <sup>(1)</sup> |
| S5 <sup>(7)</sup>         |                      |                       |                       |                        | 0.714 <sup>(5)</sup> | 0.143 <sup>(1)</sup>   | 0.143 <sup>(1)</sup> |
| S6 <sup>(118)</sup>       |                      |                       |                       | 0.008 <sup>(1)</sup>   |                      | 0.941 <sup>(111)</sup> | 0.051 <sup>(6)</sup> |
| S7 <sup>(9)</sup>         |                      |                       |                       | 0.333 <sup>(3)</sup>   |                      | 0.444 <sup>(4)</sup>   | 0.222 <sup>(2)</sup> |

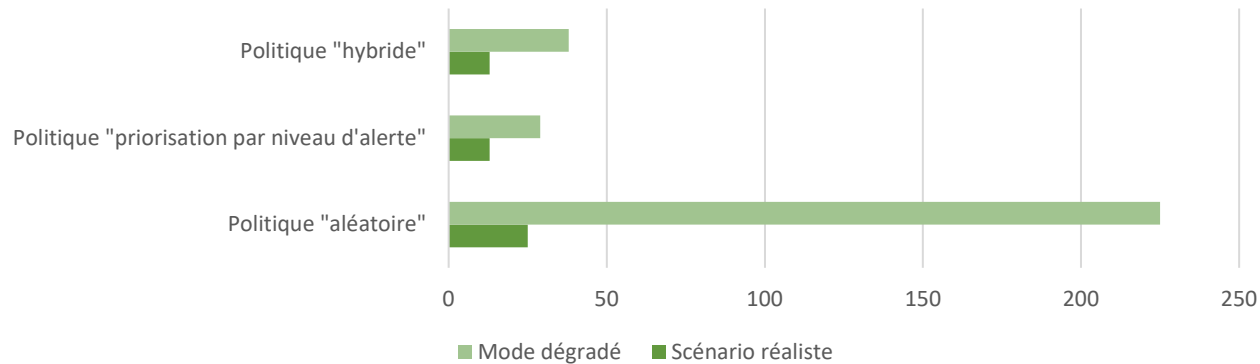




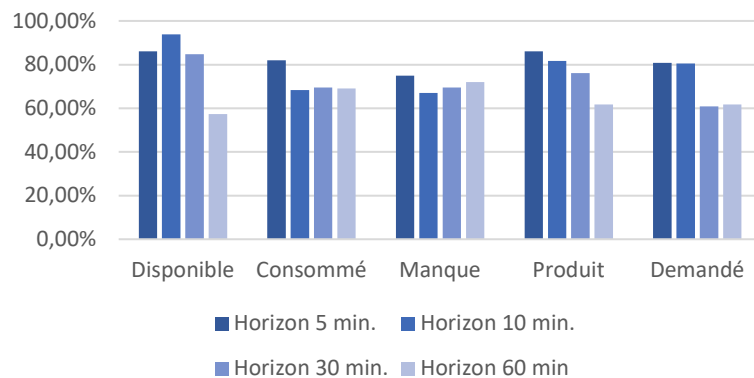
# Résultats



## Temps de réponse en secondes pour établir les contrats

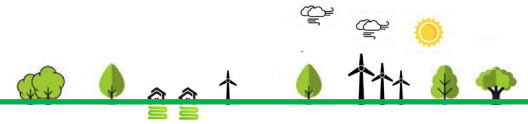


## Taux de réussite des prédictions

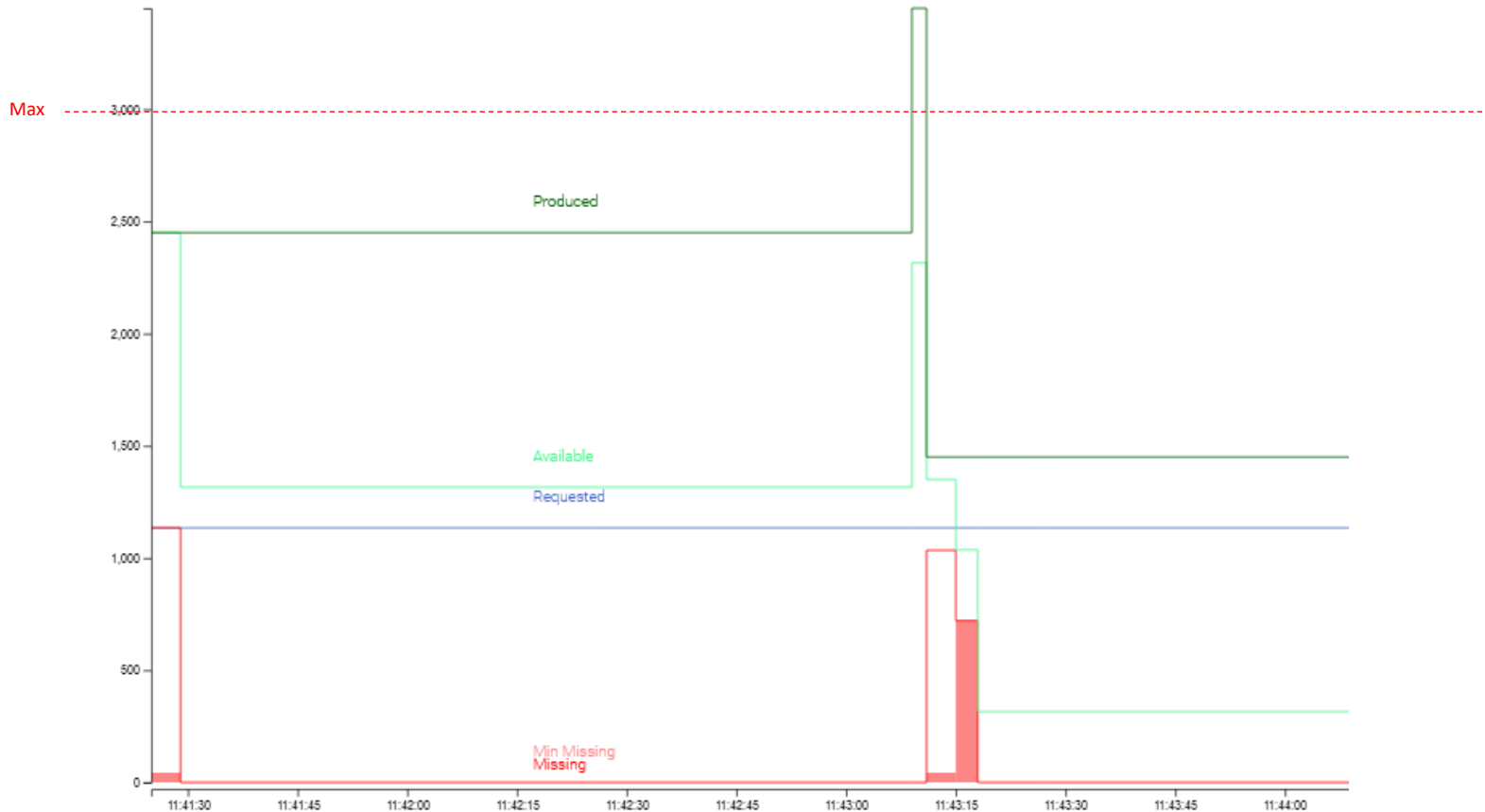




# Résultats



- Régulation en cas de surproduction





# Démo génération de contrats



| Consumer   | Priority | Begin    | End      | Tolerance | Device   | Category | Needed(W) | Supplier(s) | Consumed(W) | Missing(W) | Offers | (Details) | Actions     |
|------------|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-------------|-------------|------------|--------|-----------|-------------|
| TOTAL      |          |          |          |           |          |          | 151.00    |             |             | 151.00     |        |           |             |
| Consumer_1 | Low      | 17:18:15 | 19:18:14 | 1.00      | Laptop 0 | ICT      | 30.00     |             |             | 30.00      |        |           | Modify Stop |
| Consumer_2 | Low      | 17:18:15 | 19:18:14 | 1.00      | Laptop 1 | ICT      | 30.10     |             |             | 30.10      |        |           | Modify Stop |
| Consumer_3 | Low      | 17:18:15 | 19:18:14 | 1.00      | Laptop 2 | ICT      | 30.20     |             |             | 30.20      |        |           | Modify Stop |
| Consumer_4 | Low      | 17:18:15 | 19:18:14 | 1.00      | Laptop 3 | ICT      | 30.30     |             |             | 30.30      |        |           | Modify Stop |
| Consumer_5 | Low      | 17:18:15 | 19:18:14 | 1.00      | Laptop 4 | ICT      | 30.40     |             |             | 30.40      |        |           | Modify Stop |

| Producer | Begin    | End      | Device         | Category | Produced(W) | Client(s) | Provided(W) | Available(W) | Offers | (Details)   |
|----------|----------|----------|----------------|----------|-------------|-----------|-------------|--------------|--------|-------------|
| TOTAL    |          |          |                |          | 125.00      |           |             | 125.00       |        |             |
| Prod_1   | 17:18:15 | 18:18:14 | wind turbine 0 | Wind     | 25.00       |           |             | 25.00        |        | Modify Stop |
| Prod_2   | 17:18:15 | 18:18:14 | wind turbine 1 | Wind     | 25.00       |           |             | 25.00        |        | Modify Stop |
| Prod_3   | 17:18:15 | 18:18:14 | wind turbine 2 | Wind     | 25.00       |           |             | 25.00        |        | Modify Stop |
| Prod_4   | 17:18:15 | 18:18:14 | wind turbine 3 | Wind     | 25.00       |           |             | 25.00        |        | Modify Stop |
| Prod_5   | 17:18:15 | 18:18:14 | wind turbine 4 | Wind     | 25.00       |           |             | 25.00        |        | Modify Stop |

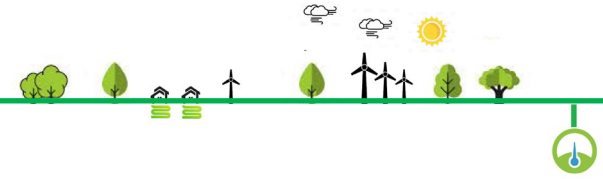
## Add consumer

Start time:  Duration (minutes):  End time:  Power (W):  Tolerance (mn):  Device:

(Category):  Priority:



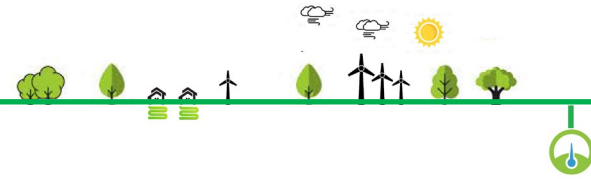
# Contributions du stage



- ✓ Modèle de coordination pour les échanges d'énergie
- ✓ Régulation de l'énergie de manière instantanée et pro-active
- ✓ Prédiction de la production et consommation à l'aide de chaînes de Markov
- ✓ Outil de visualisation et de suivi du nœud
- ✓ Simulateur de données de production et consommation d'énergie
- ✓ Protection des données échangées



# Conclusion



## Pistes d'améliorations :

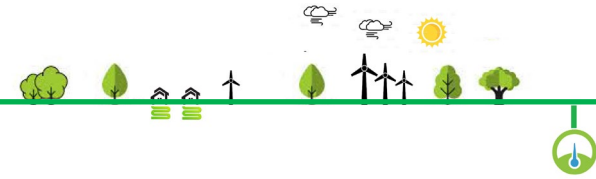
- Gérer les échanges d'énergie entre voisins
- Intégrer la tarification de l'énergie
- Rattacher plusieurs contrats à un consommateur
- Générer un contrat pour un besoin ultérieur
- Améliorer la prédiction : qualité des données de prédiction et variables utilisées
- Améliorer la visualisation sur l'application web (vues plus intuitives)
- Déployer le modèle sur un environnement réel

## Perspectives :

- Intérêt des collectivités
- Notoriété des smartgrids (Gain apporté : suivi, coût, réduction des pics, décentralisation, intégration des énergies renouvelables)



# Références



- Jean-Pierre Banâtre et Daniel Le Métayer. “The gamma model and its discipline of programming”. In : Science of Computer Programming 15.1 (1990), p. 55-77. issn:0167-6423. doi: [https://doi.org/10.1016/0167-6423\(90\)90044-E](https://doi.org/10.1016/0167-6423(90)90044-E). url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016764239090044E>.
- J. L. Fernandez-Marquez, G. Serugendo et Sara Montagna. “BIO-CORE : Bio-inspired Self-organising Mechanisms Core”. In : BIONETICS. 2011.
- Reihaneh Haji, Mahdizadeh Zargaret, Mohammad Hossein et Yaghmaee Moghaddam. “Development of a Markov-Chain-Based Solar Generation Model for Smart Microgrid Energy Management System”. In : IEEE Transactions on Sustainable Energy 11.2 (2020), p. 736-745. doi: [10.1109/TSTE.2019.2904436](https://doi.org/10.1109/TSTE.2019.2904436).
- David Menga, Sylvain Frey, Ada Diaconescu et Isabelle Demeure. “A Generic Ho-Ionic Control Architecture for Heterogeneous Multi-Scale and Multi-Objective Smart Micro-Grids.” In : ACM Trans. Autonom. 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.1145/0000000.0000000>.
- Housseem Ben Mahfoudh. “Learning-based coordination model for spontaneous”. Thèse de doct. Université de Genève, 2020



# Questions

