

Électricité issue de la biomasse

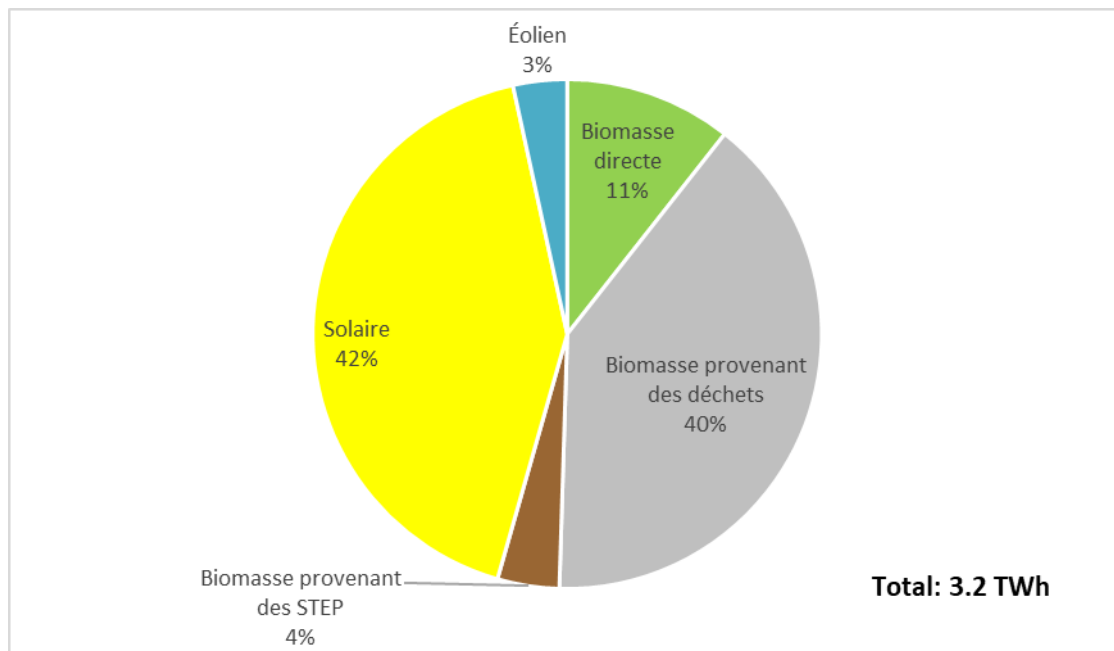
Document de connaissances de base, état: mars 2020

1. Synthèse

Actuellement, la biomasse constitue, après l'hydraulique, la source d'énergie la plus importante en Suisse pour la production d'électricité renouvelable. Une bonne moitié de la production d'électricité renouvelable ne résultant pas de l'énergie hydraulique est issue de la biomasse, et majoritairement de l'incinération d'ordures ménagères. La biomasse recouvre le bois, la biomasse agricole et les déchets biogènes. Il s'agit d'une source d'énergie très hétérogène qui peut être convertie en chaleur, en électricité et en carburant à l'aide de différentes technologies, telles que la combustion, la fermentation et la gazéification. À long terme, le potentiel de production d'électricité est estimé à 4 TWh pour la Suisse. L'approvisionnement fiable en matières premières ainsi que l'assurance d'une dissipation de la chaleur lors du recours aux centrales de couplage chaleur-force constituent des défis de taille en ce qui concerne l'exploitation de ce potentiel.

2. Situation actuelle en Suisse

Environ 5% de la consommation d'énergie finale suisse (s'élevant à 231 TWh) sont couverts par la biomasse. Une petite partie de ce volume est utilisée pour produire quelque 1,8 TWh d'électricité.¹ Ainsi, la part de la biomasse dans la production d'électricité indigène n'est que d'environ 3%. Elle fournit environ 46% de la production de courant renouvelable qui ne provient pas de l'hydraulique (Illustration 1).



¹ Source: OFEN 2019

Illustration 1: Production nette d'électricité issue de nouvelles sources d'énergie renouvelable en Suisse en 2018, hors énergie hydraulique (source: OFEN 2019).

La majorité du courant issu de la biomasse provient d'usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM), et le reste de centrales à bois, d'installations de biogaz et de stations d'épuration des eaux usées (STEP). Étant donné que près de la moitié du pouvoir calorifique des déchets provient de déchets organiques, 50% de l'électricité produite dans des installations d'incinération de déchets sont considérés comme de l'électricité renouvelable. La plupart des installations sont exploitées en couplage chaleur-force (CCF). Celles-ci étant généralement gérées en fonction du besoin en chaleur, la production d'électricité des centrales de couplage chaleur-force a lieu majoritairement en hiver, à l'exception des installations qui couvrent les besoins en chaleur industrielle toute l'année. Des UIOM sont également exploitées sans interruption, et la chaleur produite en été n'est alors pas entièrement utilisée.

3. État de la technologie et développement futur

La matière première «biomasse» peut être répartie en trois grandes catégories:

- **Le bois:** bois de forêt, résidus de bois, bois de récupération, bois issu de la conservation du paysage
- **La biomasse agricole:** engrais de ferme, résidus des récoltes, plantes énergétiques
- **Les déchets biogènes:** déchets verts, déchets, eaux usées, déchets alimentaires et de viande, déchets non ligneux issus de la conservation du paysage (p. ex. coupe de gazon)

On distingue trois procédés de conversion:

- **La combustion:** la combustion de biomasse ligneuse dans les installations de chauffage au bois destinées uniquement à produire de la chaleur ou dans des centrales à bois et des centrales d'incinération des déchets pour la production combinée de chauffage et d'électricité (couplage chaleur-force) est une technique très répandue et très avancée.
- **La fermentation:** la biomasse humide ou les boues d'épuration issues de stations d'épuration des eaux usées peuvent être converties en gaz mixte contenant du méthane (biogaz ou gaz de digestion) lors d'un processus de fermentation anaérobie. Après épuration, le gaz peut être converti en électricité sur place dans une centrale de cogénération ou injecté dans le réseau de gaz naturel sous forme de biogaz. La technique de fermentation dans les installations agricoles ou industrielles de biogaz est largement arrivée à maturité.
- **La gazéification:** cette technique encore récente consiste à transformer la biomasse ligneuse en gaz combustibles, et ce, grâce à des températures élevées. Le gaz est ensuite converti en électricité. Pour un fonctionnement rentable, la chaleur doit également pouvoir être valorisée.

Pour la combustion de la biomasse, il est judicieux aux plans économique et environnemental, à partir d'une puissance thermique d'environ 1 MW, de produire à la fois de l'électricité et de la chaleur. Le rendement électrique dépend fortement de la technique utilisée et de la puissance thermique. La chaleur produite par des installations de combustion plus grandes (> 10 MW_{th}) peut être convertie à environ 20 à 25% en électricité via un processus de vaporisation. Les petites installations de combustion fonctionnent à l'aide d'un processus ORC (*Organic Rankine Cycle* ou Cycle organique de Rankine) vaporisant une substance organique (et non de l'eau) pour entraîner la turbine. De telles installations obtiennent un rendement électrique de 12 à 18%. Le méthane synthétique peut être converti en électricité dans une centrale de

cogénération avec un rendement électrique pouvant atteindre 43%. Dans le cas du gaz de bois, ce rendement est de 41% environ en raison du pouvoir calorifique moindre.

4. Potentiel

Les différentes études relatives au potentiel des énergies renouvelables en Suisse ont été résumées par Trialogue Energie Suisse.² Le *potentiel attendu*, qui prend en compte les aspects écologiques, économiques et sociaux, y a notamment été comparé. En outre, l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) a réalisé des études de potentiel dans le cadre des perspectives énergétiques pour 2050. Ces études tiennent notamment compte de l'évolution dans le temps des coûts, des technologies, du climat, des mesures politiques et des cycles d'investissement.³ Le potentiel écologique estimé par l'OFEN intègre le bilan écologique de la production d'énergie à partir de la biomasse ainsi que sa situation concurrentielle avec la production de denrées alimentaires. C'est pourquoi il se base principalement sur la valorisation des résidus issus de la production agricole, des déchets biogènes et du bois de forêt et, uniquement pour une part infime, des plantes énergétiques.

En tenant compte de la baisse à long terme du besoin en chaleur et de l'augmentation future de l'utilisation de biocarburants, l'OFEN estime que le potentiel de développement maximal réalisable pour l'électricité produite à partir de bois et de biogaz est actuellement de 4 TWh.⁴ En tenant également compte d'une augmentation de la production d'électricité par les installations d'épuration des eaux usées et les UIOM (dont le potentiel s'élève selon l'OFEN à 1 à 2 TWh), il apparaît qu'un potentiel de production d'électricité de 2,5 à 4 TWh est réalisable. Les défis qui se posent sont l'acceptation par la population, la rentabilité et la disponibilité de clients assurés. Les potentiels estimés dans les études mentionnées précédemment sont résumés dans le Tableau 1.

Potentiel [TWh]	2017	2035	2050
Attendu par Trialogue Energie Suisse		5	
Écologique (OFEN)			4
Attendu (AES)	1,6	2,5-4	2,5-4

Tableau 2: Potentiel de production d'électricité issue d'installations de biomasse en Suisse.

5. Estimation de la puissance disponible et de la qualité de l'énergie

L'estimation de la puissance disponible pour le semestre d'hiver s'effectue conformément aux hypothèses énoncées dans le cadre des perspectives énergétiques de l'OFEN.⁵ La puissance disponible des installations de biomasse dépend de la disponibilité des centrales de couplage chaleur-force. En charge moyenne, une centrale de couplage chaleur-force est disponible à 100% en hiver, mais uniquement à 35% environ en été en raison d'une demande de chauffage moindre. Les centrales de couplage chaleur-force fonctionnant à la biomasse atteignent annuellement 5000 à 7000 heures d'exploitation à pleine charge. Cela donne la puissance disponible suivante au semestre d'hiver:

² Source: ETS 2009

³ Source: OFEN 2011

⁴ Source: OFEN 2011

⁵ Source: OFEN 2007

Puissance disponible [MW]	2017	2035	2050
Charge de base	260%	400 – 650	400 – 650
Charge moyenne	260	400 – 650	400 – 650
Charge de pointe		0	0
Service-système	partiellement (p. ex. UIOM)	partiellement	partiellement

Tableau 2: Puissance disponible de la technologie au semestre d'hiver jusqu'en 2050.

6. Coûts de revient

Le Tableau 3 donne une vue d'ensemble des coûts de revient et des coûts d'investissement moyens actuels escomptés jusqu'en 2050. Cette fourchette de coûts de revient de l'électricité issue de la biomasse est très large et s'étend d'environ 7 centimes par kWh dans le cas des usines d'incinération des ordures ménagères jusqu'à plus de 60 centimes dans celui des installations agricoles au biogaz.

Lors du calcul des coûts de revient de l'électricité, les coûts d'investissement, d'exploitation et d'entretien, les coûts relatifs aux combustibles ainsi que le rendement électrique et les heures d'exploitation sont pris en compte. Le prix de la chaleur est également déterminant. Actuellement, le prix se base en règle générale sur celui de la chaleur issue de combustibles fossiles et se situe entre 8 et 10 centimes environ par kWh. La rentabilité des installations n'est généralement atteinte que par la rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC).

Selon l'OFEN, seule une diminution modérée des coûts est attendue pour les coûts d'investissement des technologies établies (à savoir les centrales au bois et de cogénération au biogaz). Dans le cas de la gazéification du bois, les progrès techniques entraîneront une baisse sensible des coûts. En règle générale, on part cependant du principe que le potentiel de réduction des coûts dû aux avancées technologiques sera compensé voire surcompensé par l'augmentation du prix des matières premières. Les coûts d'exploitation et d'entretien sont évalués à 4 à 7% des coûts d'investissement pour les centrales à bois et à 10 à 15% pour les installations au biogaz.

En ce qui concerne les coûts des matières premières pour la biomasse, il convient de distinguer deux cas de figure du point de vue de l'exploitant de l'installation: celui-ci doit par exemple actuellement déboursier pour le bois de forêt 3 à 4 centimes environ par kWh d'énergie introduite alors qu'il peut réaliser des profits avec des déchets verts sous la forme de la taxe d'élimination. À l'avenir, la rentabilité des installations de biomasse devrait en revanche tendre à diminuer du fait de la demande croissante de biomasse, que ce soit en raison d'une hausse du prix du bois ou de la baisse de la taxe d'élimination pour les déchets à valeur énergétique.

Technologie	Coûts d'investissement (CHF/W _{el})			Coûts de revient de l'électricité (ct./kWh _{el})		
	2011	2035	2050	2011	2035	2050
Centrale à bois	7-9,5	7-9,5	7-9,5	15-25	10-15	10-15

UIOM	4,4	4	4	7-8	7-8	7-8
Installation agricole au biogaz	7,5-13	6,2	6	20-70	18-25	18-25
Installation industrielle au biogaz	6-11	3,5	3,25	15-45	16	16
STEP	3,75-5,5	3,3-5	3-4,75	12-22	12-22	12-22
Gazéification du bois	11-14	6,5-9	6-7,5	20-25	15-20	15-20

Tableau 3: Synthèse des coûts d'investissement et des coûts de revient de l'électricité moyens pour différentes technologies (sources: OFEN 2007a, OFEN 2007b).

Sur la base de certaines données de projet, notamment en ce qui concerne les centrales à bois, l'Association des entreprises électriques suisses AES avance des estimations un peu plus élevées concernant les coûts de revient jusqu'en 2050.

7. Environnement/climat

Les émissions de gaz à effet de serre générées par une installation au biogaz tout au long de son cycle de vie sont comprises entre 7 et 180 grammes d'équivalent CO₂ par kWh en fonction du combustible. Pour les centrales de couplage chaleur-force au biogaz, les émissions de CO₂ s'élèvent à 77 grammes d'équivalent CO₂ par kWh.⁶

⁶ Source: PSI 2010

Dans le cas des centrales à bois, la combustion émet des particules fines qui peuvent s'avérer problématiques et ne doivent pas dépasser les seuils légaux d'émissions. L'Ordonnance sur la protection de l'air (OPair) définit des valeurs seuils strictes pour les émissions sous forme de poussière produites par des installations d'incinération du bois.⁷

Les projets de grande envergure peuvent rencontrer un manque d'acceptation de la population en raison de considérations relatives au transport supplémentaire des matières premières ou aux odeurs.

8. Conditions-cadre

Les installations de biomasse peuvent bénéficier de la rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC) ou, suite à la révision de la Loi sur l'énergie au 1^{er} janvier 2018, du système de rétribution de l'injection (SRI). La durée de rétribution est de 20 ans; elle s'applique toutefois uniquement à la production nette d'électricité (production brute à laquelle est soustraite la consommation propre de l'installation). En ce qui concerne les installations de biomasse, aucune diminution de la rétribution n'est prévue.⁸ Avec l'entrée en vigueur de la nouvelle Loi sur l'énergie à partir de 2018, les UIOM et les installations au gaz d'épuration ne sont plus soutenues par la RPC ou le SRI. Les nouvelles installations peuvent toutefois déposer une demande de contribution d'investissement.⁹

Le bonus agricole est accordé aux installations au biogaz lorsque la part des co-substrats non agricoles (déchets biogènes) et des plantes énergétiques s'élève au maximum à 20%. Pour l'exploitation énergétique du bois, un bonus pour le bois est accordé. Un bonus CCF est alloué aux centrales de couplage chaleur-force avec procédé de gazéification et pile à combustible si l'utilisation externe de la chaleur dépasse au moins de 20% les exigences minimales.¹⁰

⁷ Source: OPair 2017

⁸ Source: RPC 2017a

⁹ Source: RPC 2017b

¹⁰ Source: RPC 2011

9. Évaluation et analyse SWOT

Critère d'évaluation	2018	2035	2050
Coûts d'investissement et de revient	Coûts de revient pour les UIOM autour du prix du marché, autres technologies nettement au-dessus	Coûts de revient pour les UIOM autour du prix du marché, autres technologies nettement au-dessus	Coûts de revient pour les UIOM autour du prix du marché, autres technologies nettement au-dessus
Compatibilité environnementale	Charge en CO ₂ inférieure au mix électrique suisse. Faibles émissions de poussière pour les grandes installations de combustion	Faible charge en CO ₂ . Faibles émissions de poussière pour les grandes installations de combustion	Faible charge en CO ₂ . Faibles émissions de poussière pour les grandes installations de combustion
Disponibilité de l'énergie	Surtout charge moyenne, commandée par le besoin en chaleur. Principalement en hiver, peu en été	Surtout charge moyenne, commandée par le besoin en chaleur. Principalement en hiver, peu en été	Surtout charge moyenne, commandée par le besoin en chaleur. Principalement en hiver, peu en été
Potentiel de production	Env. 1,8 TWh (env. 3% du besoin en électricité)	2,5-4 TWh en cas d'épuisement du potentiel écologique	2,5-4 TWh en cas d'épuisement du potentiel écologique
Acceptation sociale	Modérée (odeur des émissions, transport, écobilan, concurrence avec les denrées alimentaires)	Modérée	Modérée
Acceptation politique	Modérée	Modérée	Modérée

Tableau 4: Évaluation de la production d'électricité à partir de biomasse suivant différents critères en 2018, en 2035 et en 2050.

Vert: bon niveau, orange: niveau suffisant, rouge: niveau médiocre.

externes	Opportunités <ul style="list-style-type: none"> - Nouvelles technologies - L'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel permet une utilisation décentralisée au besoin 	Risques <ul style="list-style-type: none"> - Conflits d'utilisation avec la production de denrées alimentaires - Baisse des coûts de revient guère attendue - Manque d'acceptation au sein de la population
internes	Points forts <ul style="list-style-type: none"> - Production écologique de chaleur et d'électricité - Promotion (RPC/SRI) - Grand savoir-faire chez les EAE - Technologies arrivées à maturité disponibles 	Points faibles <ul style="list-style-type: none"> - Coûts de revient élevés - Sites avec consommation de la chaleur limités - Potentiel en matières premières partiellement épuisé localement - Potentiel global limité en Suisse

Tableau 5: Analyse SWOT.

10. Aperçu des principaux chiffres

Chiffre-clé	Année	Source	Valeur
Consommation finale d'énergie	2018	OFEN 2019	230,8 TWh
Utilisation d'énergie issue de la biomasse	2018	OFEN 2019	14,2 TWh
Part de la biomasse dans la consommation finale d'énergie en Suisse	2018	OFEN 2019	6,2%
Production indigène d'électricité	2018	OFEN 2019	63,6 TWh
Production d'électricité renouvelable hors hydraulique	2018	OFEN 2019	3,87 TWh
Part de la production d'électricité renouvelable hors hydraulique	2018	OFEN 2019	6,1%
Production d'électricité issue de la biomasse	2018	OFEN 2019	1,81 TWh
Part de la biomasse dans la production d'électricité renouvelable hors hydraulique	2018	OFEN 2019	46,7%

11. Sources

ETS 2009	Erneuerbare Energien: Übersicht über Studien und Einschätzung zu den erwarteten inländischen Potenzialen für die Strom-, Wärme- und Treibstoffproduktion in den Jahren 2035 u. 2050, Grundlagenpapier für die Energie-Strategie 2050. Trialogue Energie Suisse (ETS), Zurich, 2009.
OFEN 2007a	Perspectives énergétiques pour 2035 –Tome 5. Analyse et évaluation de l'offre d'électricité, Office fédéral de l'énergie (OFEN), Berne, juin 2007
OFEN 2007b	Rentabilité des installations actuelles de production d'énergie à partir de la biomasse, Office fédéral de l'énergie (OFEN), Berne, 2007
OFEN 2010	Stratégie pour l'utilisation énergétique de la biomasse en Suisse, Office fédéral de l'énergie (OFEN), Berne, 2010
OFEN 2011	Fondements pour la stratégie énergétique du Conseil fédéral, mise à jour des perspectives énergétiques pour 2035; printemps 2011, Office fédéral de l'énergie (OFEN), Berne, 2011
OFEN 2019	Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien, Ausgabe 2018, Vorabzug, Office fédéral de l'énergie (OFEN), Berne, 2019
OPair 2017	Ordonnance sur la protection de l'air du 16 décembre 1985 (état au 11 avril 2018)
PSI 2010	Electricité durable: Vœu pieux ou bientôt réalité? Le point sur l'énergie PSI N° 20, juin 2010
RPC 2011	Directive relative à la rétribution du courant injecté à prix coûtant (RPC), Art. 7a LEne, Biomasse (appendice 1.5 OEne), version du 1 ^{er} octobre 2011
RPC 2017a	Directive relative à la rétribution à prix coûtant du courant injecté (RPC), Art. 7a LEne, Partie générale, art. 3d, état au 1.1.2017
RPC 2017b	Rétribution à prix coûtant: Informations pour les responsables de projets d'installations de biomasse, énergie éolienne, petite hydraulique et géothermie, Office fédéral de l'énergie (OFEN), 22 mai 2017